

Faculté de Médecine de Constantine

Deuxième Année

2015 - 2016

Physiologie Digestive

(Résumé des enregistrements + Le diapo)

Fait par : Renata Nikov

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a vertical stroke extending downwards.

Introduction :

Nutriments + O₂ : c'est la transformation qui aboutit à formation de l'énergie nécessaire au fonctionnement de notre organisme.

Glucose + O₂ -> énergie

Protéines (transporteurs, enzymes) : renouvellement cellulaire.

Lipides :

- Donnent les hormones à partir du cholestérol, on parle des hormones stéroïdiennes.
- Donnent de l'énergie en cas de manque du glucose.
- Transportent les informations d'une cellule à une autre.

L'eau : qui possède de

- Na⁺ qui est :
 - Essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydratation du corps.
 - Responsable de la pression osmotique (volémie), régule la PA.
- K⁺ : Repolarisation de la pompe cardiaque.
- Mg²⁺ : intervient dans le SN et la transmission synaptique.

Vitamines : Fournies par l'alimentation, sont hydro ou liposolubles.

Comment ces aliments peuvent être utilisés par notre organisme ?

Initialement, ils sont sous forme complexe, donc il faut les simplifier par tube digestif, afin de faciliter leur passage vers le sang et leur utilisation comme il était expliqué avant.

- **Le tube digestif** : c'est l'ensemble des cavités segmentées par des sphincters. Il est constitué par :

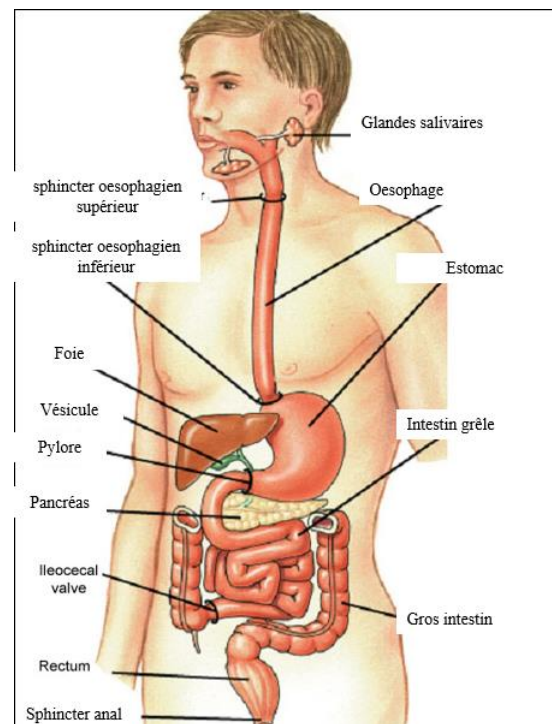
- **La cavité buccale.**
- **L'œsophage** : un conduit long qui possède un sphincter supérieur (épaississement musculaire), et l'autre inférieur (virtuel mais fonctionnel, créé grâce à la pression exercée sur l'œsophage par le diaphragme).
- **L'estomac** : en forme de J. C'est une chambre de digestion des aliments.
- **L'intestin grêle** : Duodénum, Jéjunum et Iléon.
- **Cæcum.**
- **Colon.**
- **Rectum.**

- **Les organes annexés (glandes) :**

Les glandes salivaires : et tous ceux qui interviennent dans la mastication.

Les pancréas : glande mixte, organe spongieux situé sous l'estomac, enclavé dans le duodénum

- Sécrétion endocrine -> l'insuline pour la régulation de la glycémie.
- Sécrétion exocrine -> enzymes et hydroélectriques



La bile : synthétisée par le foie et stockée dans la vésicule biliaire (digestion des lipides spécifiquement).

Les fonctions de l'appareil digestif :

La digestion : dégradation des aliments :

Amidon → sucres simples

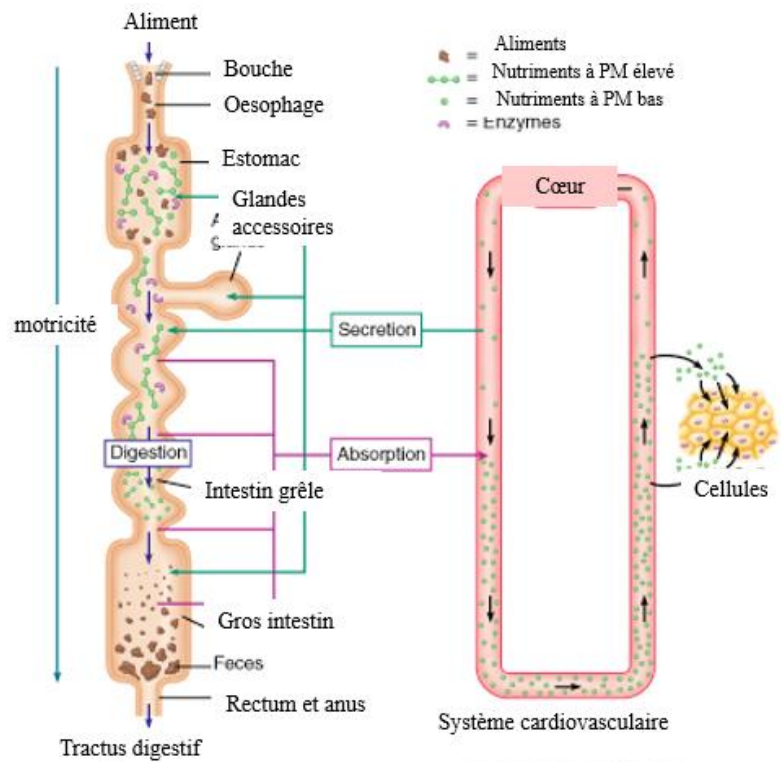
Protéines → Acides aminés (AA)

Lipides → Acides gras (AG)

La sécrétion : salivaire, gastrique, duodénale, intestinale + y compris eau et électrolytes.

Les sécrétions donnent des enzymes ou un milieu favorable pour le fonctionnement des enzymes qui vont dégrader les aliments.

L'absorption : c'est le passage des aliments vers la circulation sanguine ou lymphatique pour passer vers les cellules.



La motricité : Le tube digestif est en mouvement permanent (24H/24H).

En période digestive, La motricité sert à mélanger les aliments avec les sécrétions, de favoriser un contact étroit des aliments avec la lumière intestinale, et à conséquent l'absorption.

D'autre part, elle permet également de nettoyer le tube digestif.

Histologie du tube digestif :

La paroi du tube digestif est constituée de l'intérieur vers l'extérieur par :

La muqueuse : qui délimite la lumière. Elle est en contact avec les aliments.

Plexus sous-muqueux : amas des neurones, connectées entre elles pour l'innervation intrinsèque.

Couche musculaire circulaire.

Plexus mésentérique : fibres nerveuses + ganglions.

Couche musculaire longitudinale.

Séreuse.

* On peut trouver une troisième couche musculaire « la couche circulaire » en particulier dans l'estomac et au niveau des sphincters.

Les deux plexus innervent la paroi du tube sous contrôle **système nerveux autonome**. Cela permet le **mouvement permanent** du tube digestif.

A ce niveau existent des récepteurs sensibles à la composition chimique appelés chémorécepteurs et des récepteurs mécaniques qui sont sensibles à la pression (mécanorécepteurs). Donc, une modification de la pression ou de la composition chimique, stimule ces deux récepteurs qui vont agir → Régulation.

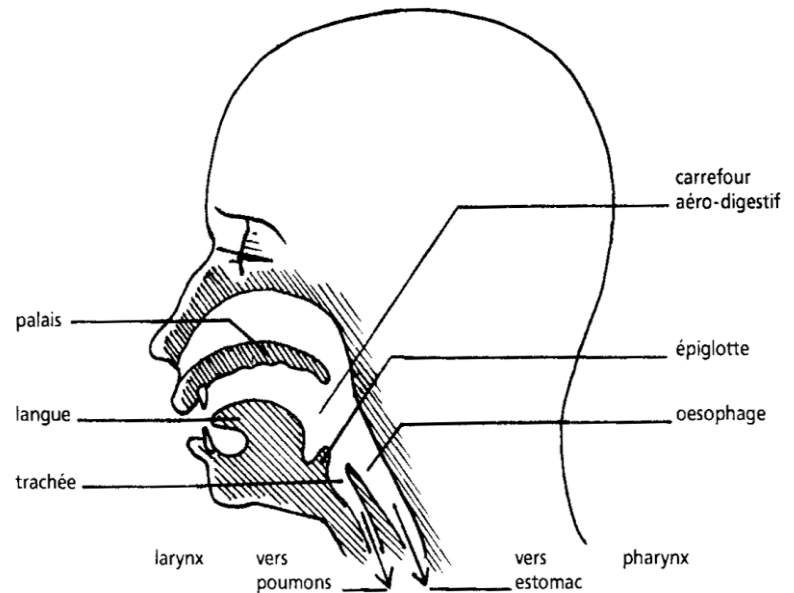
LA PHASE BUCCALE :

La bouche est l'entrée des aliments.

Elle est composée des joues, palais, dents, glandes.

Elle joue un rôle primordial dans la mastication. Elle possède une **double fonction** :

- Fonction mécanique : la mastication
- Fonction sécrétoire : la salivation.



La mastication :

Définition :

C'est un acte mécanique, semi-volontaire, rythmique, représenté par l'apposition /séparation des arcades :

Assuré par les dents avec une mâchoire inférieure mobile par les muscles masticatoires (masséters et temporaux), la langue, les lèvres et les joues (positionnement des aliments entre l'arcade dentaire).

Elle varie d'un sujet à un autre (habitudes, natures des aliments, dentition, âge et sexe). Les muscles masséters de l'homme sont plus puissants que ceux de la femme.

Comporte 3 phases :

- 1- **Préparation** : la langue amène les aliments sous l'arcade dentaire.
- 2- **Broiement du bol.**
- 3- **Pré-déglutition** : analyse gustatif et somesthésique du bol.

Régulation : Elle fait intervenir :

- 1- Des récepteurs chimiques et mécaniques de la bouche (organes récepteurs).
- 2- Fibres afférentes (sensorielles).
- 3- Centres nerveux : bulbo protubérantiels et corticaux.
- 4- Fibres effectrices.
- 5- Organes effecteurs : muscles masticatoires, la langue, ...

Rôle :

- Réduire la taille des aliments pour faciliter leur passage.
- Augmenter la surface de contact des aliments avec les sécrétions.

Le syndrome de Mendelson : le passage des aliments vers les voies aériennes.

La salivation :

La production de la salive est principalement assurée par **3 glandes salivaires** qui sont :

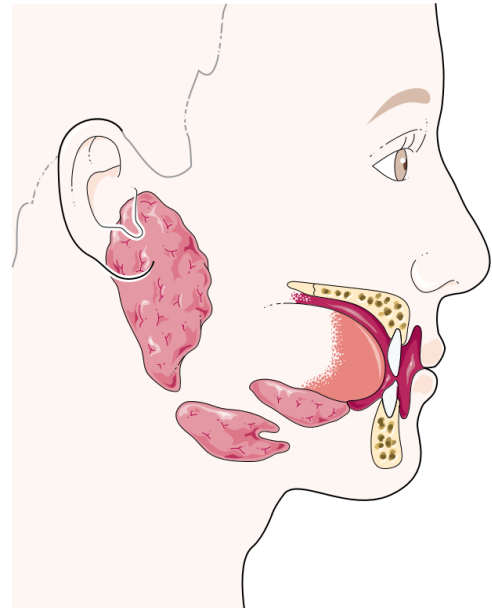
- La parotide (95%).
- La sublinguale.
- La sous-maxillaire.

Elle est de 0,5 à 1,5 L /24 H.

Elle est variable selon l'**âge** et l'**état** de la personne (une réduction de la sécrétion salivaire est constatée lors le sommeil), et selon **la nature des aliments** (pour les aliments acides, il y a une augmentation de la sécrétion de la salive).

Le débit : 0,5 ml/ min. Il est variable selon les périodes : repos ou phase de digestion.

95% de la sécrétion salivaire provient de la glande parotide.



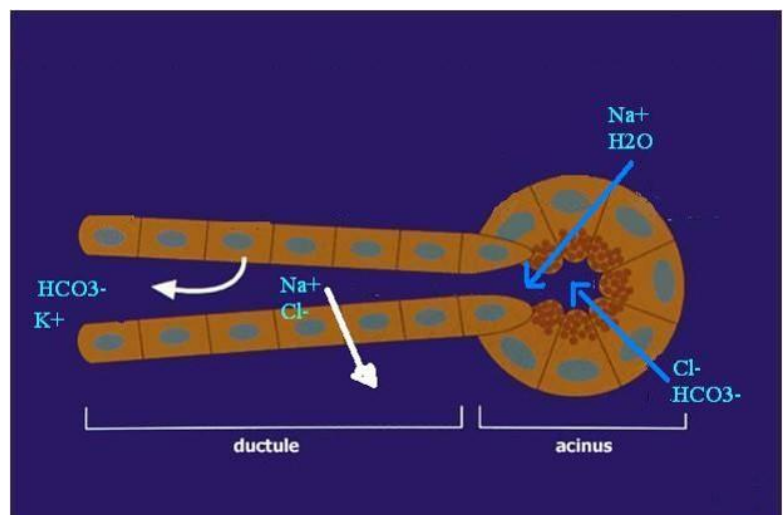
La formation de la salive : comporte 2 étapes :

- 1- Une salive primaire : au niveau des acini, a une composition identique à celle du plasma.
- 2- Une salive secondaire : au niveau des canaux excréteurs.

La salive est une sécrétion qui comporte une composition hydroélectrolytique, et une composition organique (les enzymes) :

1/ La composition hydro électrolytique : H_2O + les électrolytes :

- Au niveau des acini, il y a d'abord **la salive primaire**, qui est identique au plasma. Libération de Na^+ et de H_2O , Cl^- et HCO_3^- par les cellules acineuses dans la lumière, c'est la salive primaire.
- Ensuite, la salive passe dans les canaux excréteurs : Au cours de ce passage, elle va avoir des modifications de HCO_3^- et de K^+ (sécrétion) tout en respectant l'équilibre Gibbs Donan. Par conséquent, une réabsorption de Na^+ accompagnée d'une charge négative Cl^- et libération de bicarbonate : C'est **la salive secondaire** (plus riche en bicarbonates qui sert à tamponner l'acidité gastrique).



* si le débit de la salivation augmente, on a un relai : En cas d'une hypersécrétion salivaire, la salive primaire ne se transforme pas en salive secondaire car le temps nécessaire aux échanges est réduit. Elle va directement passer dans le canal

excréteur et puis déversée dans la cavité buccale (la salive secondaire va avoir presque la même composition du primaire).

2/ La composition organique : elle correspond aux enzymes :

- 1- Amylase salivaire (ptyaline) : dégradation de l'amidon et du glycogène.
- 2- Lipase : dégradation des graisses.
- 3- Lysozyme : dégradation de la membrane des bactéries.
- 4- Kallicréïne : activation des kininogènes.
- 5- Autres : immunoglobuline(IgA), mucine, protéine plasmatique (albumine).

***kininogènes :** substances qui agissent sur la paroi des vx -> régulation PA

Le contrôle de la salivation :

La sécrétion salivaire est contrôlée par le système nerveux central, dont le centre est le noyau salivaire bulbo protubérantiel.

Les informations qui proviennent des chémorécepteurs et des mécanorécepteurs stimulés par la présence de l'aliment, sont véhiculées par les nerfs sensitifs (V, IX, X) vers le noyau salivaire.

La réponse sera véhiculée par le sympathique dont le transmetteur est l'adrénaline, et le parasympathique dont le transmetteur est l'acétyl colline, pour agir au niveau des glandes salivaires.

En plus des barorécepteurs et des chémorécepteurs, il y a ce qu'on appelle :

- **les réflexes conditionné :** c'est par exemple quand une personne voit des aliments ou entend un bruit ou sent des odeurs, il y a une sécrétion salivaire (même de toucher).
- **Le réflexe oeso-gastro-salivaire :** entre la glande salivaire et l'œsophage. Lors le passage de l'aliment dans l'œsophage, une destruction de l'œsophage, stimule encore la salivation pour tamponner l'acidité gastrique et continuer la digestion : une hypersécrétion salivaire.

Rôle de la salive :

- Solubilise les aliments qui sont initialement solides.
- Facilite la mastication et la déglutition les en ramollir.
- Rince la bouche (hygiène dentaire et buccale).
- Excrète certaines toxines, soit d'une origine endogène (les déchets de l'organisme comme l'urée), ou d'une origine exogène (les médicaments).

*** Le syndrome sec :** réduction de la sécrétion de la salive (le corps va s'attaquer à ses propres antigènes) au niveau des muqueuses de l'organisme.

*** Hypersialorhée :** chez la femme enceinte surtout pendant les 3 premiers mois dû à la distension utérine (cas physiopathologique)

* au cours des vomissements il y'a augmentation de la sécrétion salivaire

- Le sympathique et le parasympathique augmentent la sécrétion salivaire



Epaisse

Abondante

La déglutition :

L'ensemble des phénomènes mécaniques qui conduit les aliments de la bouche à l'estomac.

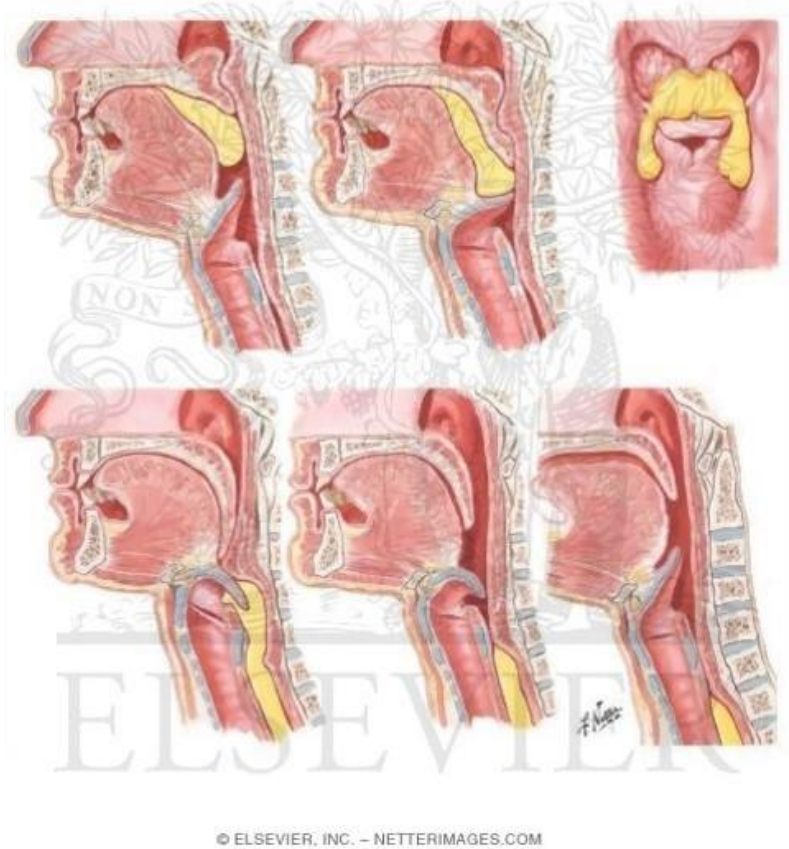
Elle comprend 3 étapes : buccale, pharyngée, œsophagienne.

Temps buccal : (volontaire)

- L'aliment est plaqué contre la langue et la voûte palatine.

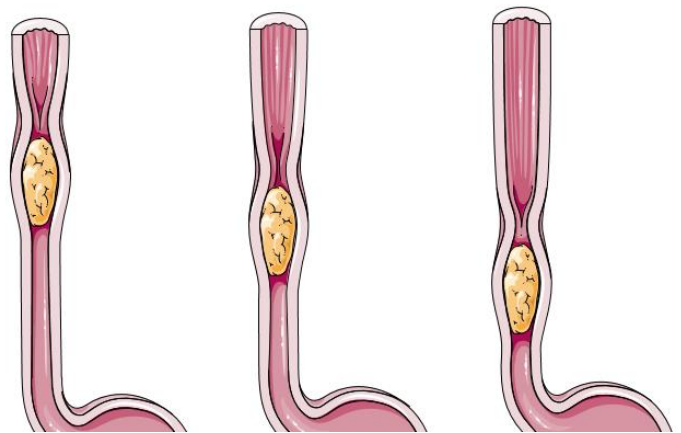
Temps pharyngien : (réflexe)

- Dès que l'aliment arrive au niveau de la voile du palais, il y'aura un réflexe (cette zone est réflexogène).
- L'aliment arrive à l'angle de la mâchoire, il bascule l'épiglotte de 180° pour fermer le carrefour aérien et laisser le carrefour digestif afin de protéger poumons contre les fausses routes.
- Ascension du larynx : suspension de respiration (une apnée).
- Progression du bol (descente) sous l'effet de la base de la langue, la pression des constricteurs et aspiration pharyngo-œsophagienne.



Temps œsophagien : (Couche musculaire œsophagienne : striée et lisse)

- Progression du bol alimentaire par des ondes péristaltiques : une contraction au niveau de l'œsophage en réduisant la taille en amont et ouvrant en aval (onde péristaltique primaire de 10 secondes pour atteindre l'estomac).
- Retour de l'épiglotte à sa position initiale.
- Expiration profonde.



Si un aliment s'accroche à la paroi de l'œsophage ou en cas de reflux gastro-œsophagien -> une onde péristaltique secondaire.

* Les causes du reflux :

- Physiologique : chez les bébés jusqu'à l'âge de 6 mois

- à force que l'acidité gastrique remonte, elle peut irriter le larynx : laryngite

Il existe 2 sphincters qui jouent un rôle très important dans la protection de la muqueuse œsophagienne contre l'agression du suc gastrique qui est d'un pH=1 (très acide) :

- 1- Sphincter œsophagien supérieur (épaississement musculaire).
- 2- Sphincter inférieur (virtuel, fonctionnel, caractérisé par l'absence de morphologie spécifique, mais individualisé par la pression locale exercée au passage du bol alimentaire au niveau de la portion de l'œsophage située au niveau de l'orifice du diaphragme).

Contrôle de la déglutition :

Lors le passage du bol alimentaire dans la zone réflexogène (voile du palais, luette et épiglotte), une information sera transportée vers le centre de déglutition au niveau du bulbe par les nerfs **glosso-pharyngien** et **laryngé supérieur**.

Puis une réponse est véhiculée par les nerfs V, VII, IX, X, XI, XII vers les muscles du pharynx et de la langue.

LA PHASE GASTRIQUE :

L'estomac est un organe en forme de J, avec une capacité de 1 à 1.5 L.

Sa paroi présente les couches suivantes : muqueuse, musculuse (couches de fibres musculaires lisses : externe longitudinale, moyenne circulaire et interne oblique), et une séreuse.

L'estomac est limité en haut par le cardia, et en bas par le pylore.

Elle est constituée de 3 parties : le fundus, le corps et l'antré.

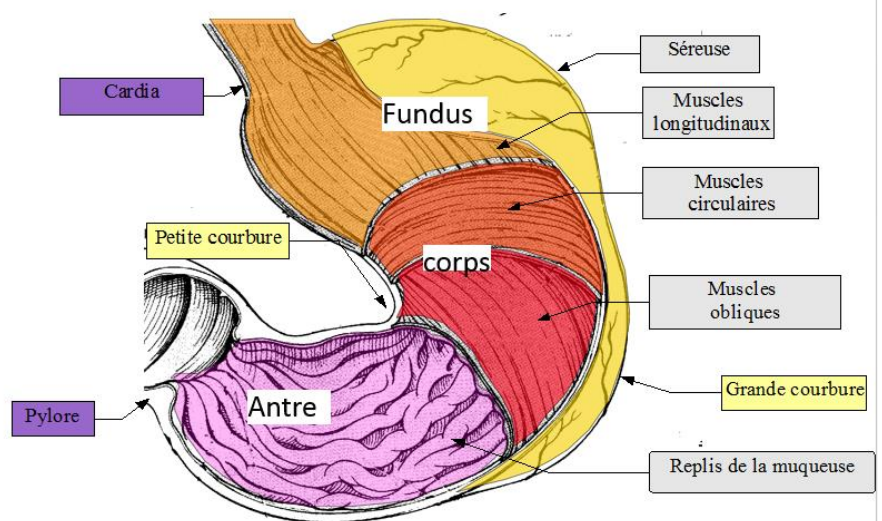
Elle présente la grande courbure à gauche, et la petite courbure à droite.

Elle a 3 fonctions :

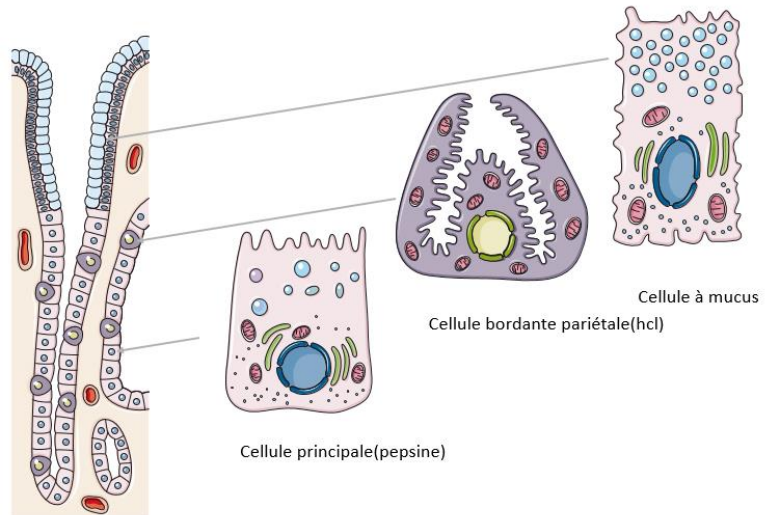
- **Fonction motrice** : permet le passage des aliments avec les produits de sécrétion.
- **Fonction sécrétoire exocrine** (pepsine, HCL, facteur intrinsèque).
- **Fonction sécrétoire endocrine** (gastrine).

L'estomac possède plusieurs types de cellules au niveau de l'épithélium de la muqueuse qui présente des invaginations qu'on les appelle : cryptes. Elles sont :

- **Les cellules principales** : responsables de la sécrétion de la pepsine sous forme de pepsinogène (forme inactive) qui sera activé par l'HCl. La pepsine joue un rôle dans la dégradation des protéines. Elles se trouvent essentiellement au niveau du corps et du fundus.



- **Les cellules bordantes (pariétales)** : présentent de nombreuses mitochondries. Elle produit l'HCl et le facteur intrinsèque. Elles se trouvent essentiellement au niveau du fundus.
- **Les cellules à mucus** : sert à la production de mucus, qui joue un rôle dans la protection de la paroi gastrique contre l'acidité.
- **Les cellules G** : responsables de la production de la Gastrine (au niveau de l'antre et le duodénum).
- **Les cellules H** : responsables de la production de l'Histamine (au niveau du fundus).
- **Les cellules D** : responsables de la production de la Somatostatine.



La sécrétion gastrique : (le suc gastrique)

Le suc gastrique est constitué principalement par : la pepsine, le facteur intrinsèque, l'HCl et le mucus.

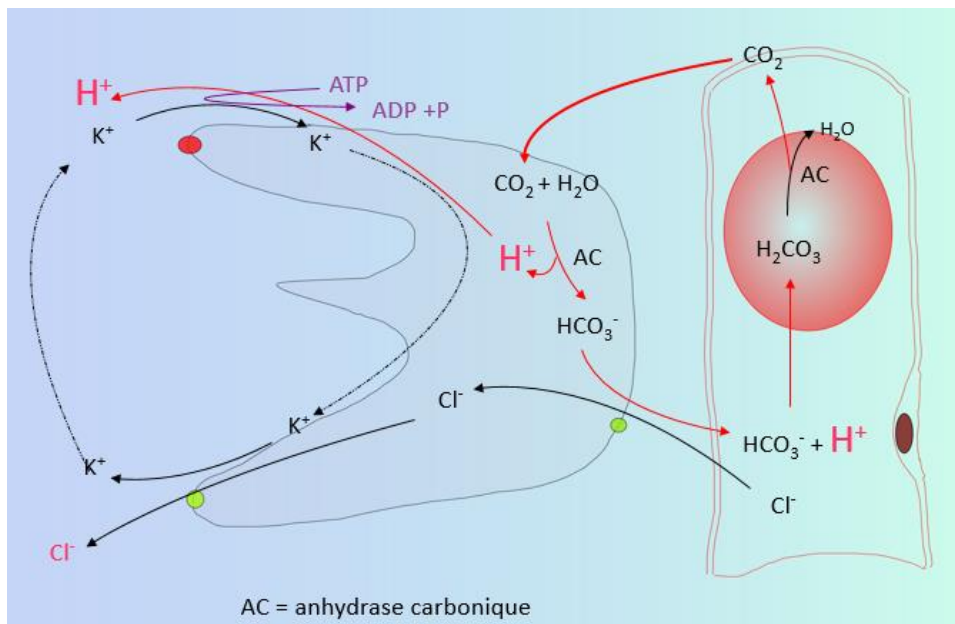
- **Le pepsinogène** : activé dans un milieu acide, en donnant la pepsine (une endopeptidase c-à-d elle agit au milieu de la chaîne peptidique et pas aux extrémités).
La sécrétion du pepsinogène est stimulée par le parasympathique qui libère l'ACH responsable à la stimulation des cellules principales qui produisent les pepsinogènes. Ces derniers seront activés par l'HCl en pepsine.
- **Le facteur intrinsèque** : se fixe à la vitamine B12 pour la protéger de la dénaturation du fait de l'acidité gastrique, la transporte au niveau de l'intestin ou elle sera absorbée au niveau de l'iléon (le complexe VitB12 – facteur intrinsèque est stable en pH acide).
- **Les protéines du plasma.**
- **Les glycoprotéines du mucus** : jouent un rôle dans la protection de la muqueuse gastrique. Une couche épaisse du mucus qui va tapisser la muqueuse gastrique, la protège des agressions de l'acidité.
- **L'HCL** par les cellules bordantes.

La synthèse de l'HCl par les cellules bordantes : (mécanisme)

A partir du CO_2 qui provient du sang par la respiration des cellules et qui passe vers la cellule bordante, et l' H_2O provenant du sang ou produit par la cellule bordante elle-même suivant des réactions chimiques, et en présence de l'anhydrase carbonique, les cellules bordantes forment le bicarbonate HCO_3^- , plus une libération d'un ion H^+ .

Les bicarbonates passent dans le sang : c'est le système tampon (parce que notre corps a une tendance vers l'acidité à cause des déchets qui synthétise, et les HCO_3^- les tamponnent afin de réguler le pH) en échange avec le Cl^- : c'est le respect de la loi de Gibbs Donan.

Le proton H^+ due à la réaction catalysée par la AC sera expulsé de la cellule bordante par une pompe H^+/K^+ ATPase vers la lumière gastrique en échange avec le K^+ .



Le Cl^- sort de la cellule bordante vers la lumière gastrique accompagné par la sortie du K^+ (le K^+ qui aide à la sortie du H^+ par la pompe sera recyclé : il sort dans la lumière avec le Cl^- et puis entre dans la cellule bordante par la pompe une autre fois).

Le rôle de la sécrétion d'HCl :

- L'activation des pepsines et des lipases.
- La dénaturation des protéines alimentaires.
- action bactéricide, pour la protection contre les agents pathogènes.
- La stimulation de la sécrétion pancréatique.

Le pH au niveau de l'estomac peut arriver jusqu'à une valeur inférieure à 1-3 (le pH est mesuré grâce à une sonde gastrique, en recueillant le liquide gastrique et l'analyser), mais le pH est variable au niveau de la même personne et d'une personne à une autre (une personne dans une période de jeun n'a pas le même pH gastrique comme la personne dans une période d'alimentation).

La sécrétion d'HCl augmente la 2^{ème} partie de la nuit, ça dépend du cycle Circadien c-à-d le rythme nyctéméral (Elle augmente environ 23 :00 h et elle diminue à 03 :00 h).

La sécrétion d'HCl chez un sujet jeune est plus importante qu'une personne âgée (ils ont remarqué que la sécrétion d'HCl diminue après 30 ans).

Moyens de défense gastrique :

1. la sécrétion du **mucus**, par l'épithélium qui tapisse la muqueuse, et la protège des agressions de l'acidité.
2. La sécrétion des **bicarbonates** par les cellules accessoires de la muqueuse, stimulée par les prostaglandines afin de tamponner l'acidité.

Remarque :

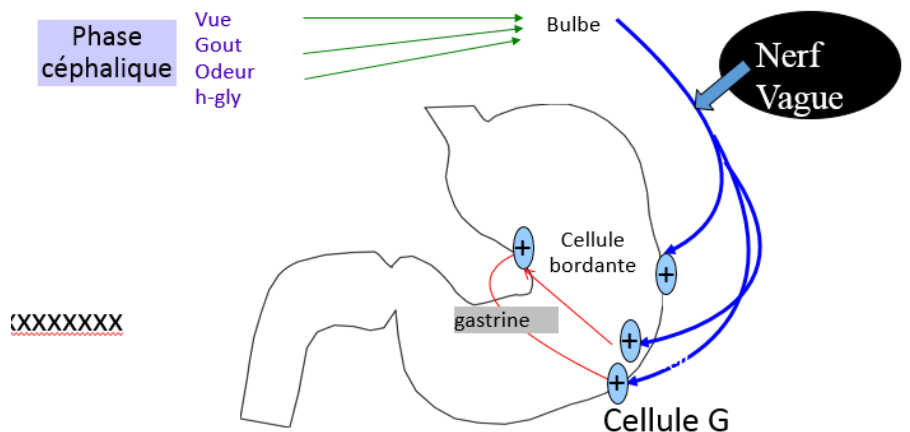
Pour les médicaments : Les anti-inflammatoires empêchent la synthèse de la prostaglandine, et par conséquent les bicarbonates. Cela conduit à des ulcères gastriques. Pour protéger l'estomac, il faut donner l'anti-inflammatoire avec IPP. Ce dernier inhibe la pompe H^+ ATP ase, et donc empêche la production de l'HCl.

Régulation de la sécrétion gastrique de l'HCl :

Elle se fait en 3 phases :

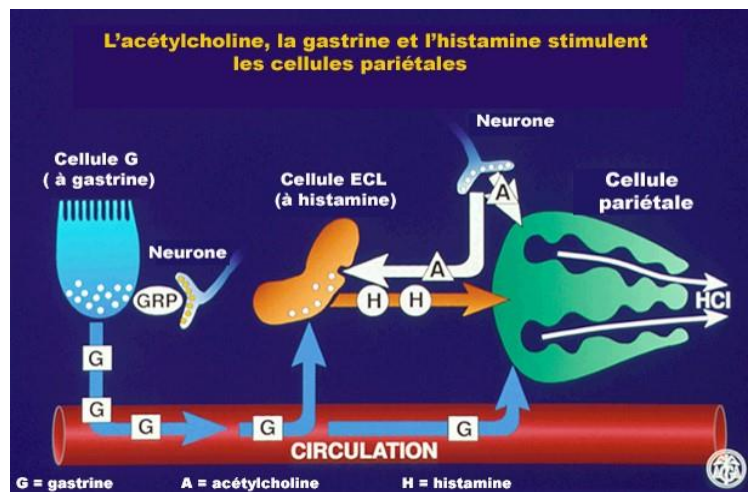
La phase céphalique :

La vue, l'odeur, le goût (le réflexe conditionné) et l'hypoglycémie stimulent le centre bulbaire, qui répond par le nerf vague X (parasympathique) en agissant sur 3 niveaux : sur les cellules bordantes, cellules H et cellules G :



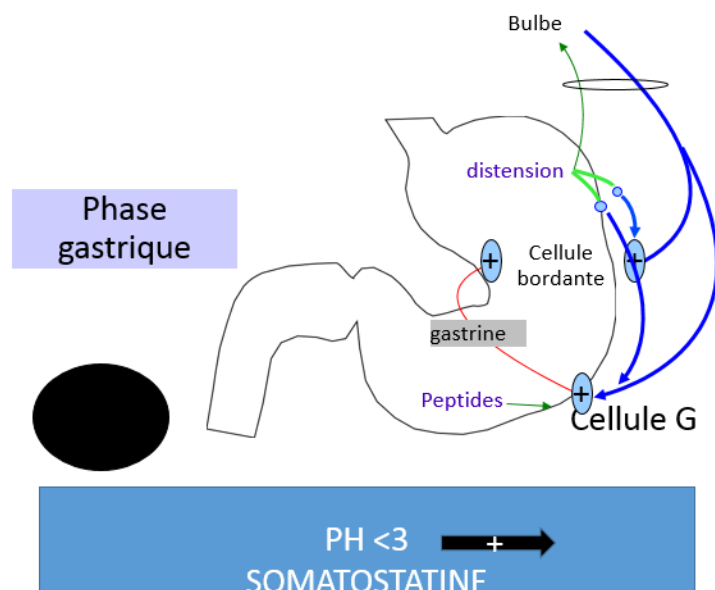
- **les cellules bordantes** en stimulant la libération de l'HCl et donc la libération du pepsinogène.
- **les cellules G** en stimulant leurs sécrétions de la Gastrine qui passe dans le sang et agit sur **les cellules H** pour stimuler leur sécrétion de l'Histamine, qui va stimuler **les cellules bordantes** pour produire de l'HCl.

* Les cellules bordantes sont stimulées directement par le vague, et indirectement par les cellules H et G.



La phase gastrique :

- **La distension de l'estomac** par la présence des aliments **stimule** les mécanorécepteurs. L'information est véhiculée par les afférences au niveau du centre bulbaire qui va répondre par le vague en stimulant les cellules bordantes et les cellules G.

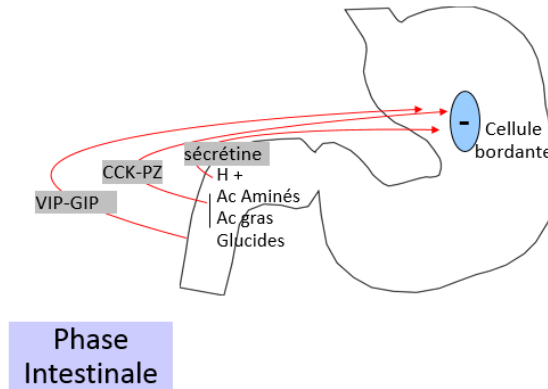


- **La présence des peptides** dans l'estomac **stimule** les cellules G.
- Un phénomène de rétrocontrôle : **La diminution du pH** en dessous de 3 ($\text{pH} < 3$), stimule les cellules D responsables de la sécrétion de la somatostatine qui **inhibe** les

cellules G et H : réduction de la gastrine, et donc diminution de la sécrétion en HCl, et réduction de l'Histamine.

La phase intestinale : Le contenu gastrique va passer dans l'intestin.

- L'H⁺ stimule le duodénum pour qu'il sécrète la sécrétine, un peptide qui inhibe les cellules bordantes et donc réduit la sécrétion d'HCl.
- La présence des AA et des AG stimule la CCK qui inhibe les cellules bordantes.
- La présence des glucides stimule le GIP et le VIP qui inhibent aussi les cellules bordantes.



La motricité gastrique :

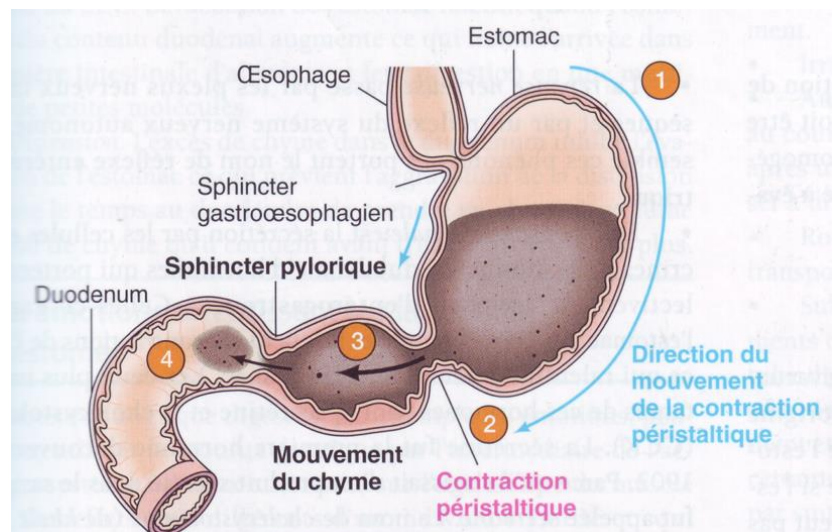
Tout le tube gastrique est en mouvement permanent grâce au système nerveux intrinsèque modulé par le système nerveux extrinsèque.

- Au repos (en dehors du repas), il existe un **tonus gastrique** : c'est la contraction du muscle au repos pour garder sa forme, due à la contraction des fibres musculaire circulaires.
- Pendant le repas :
 - **Un relâchement réceptif** : l'estomac se relâche pour recevoir les aliments, c'est l'augmentation du volume.
 - **L'activité contractile proprement dite** :

Elle commence 5 à 10 mins après, représentée par les ondes péristaltiques dues à la présence des cellules pacemaker situées au niveau du 1/3 supérieur du corps gastrique dans la couche musculaire longitudinale. Ces cellules subissent des cycles spontanés de

dépolarisation - repolarisation :
 entrée de Na⁺ dans les cellules pacemaker →
 potentiel seuil →
 potentiels d'action spike successifs →
 onde péristaltique.

L'onde péristaltique apparait à la partie



moyenne de l'estomac, et se propage vers le pylore ou elle devient plus importante.

Le pylore est entrouvert, l'onde péristaltique pousse les aliments pour traverser le pylore vers le duodénum.

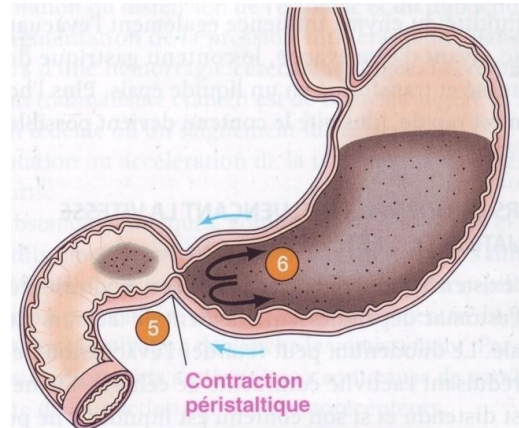
Dès qu'une petite partie du bol alimentaire passe dans le duodénum, le pylore se ferme.

La contraction continue à passer les aliments sous l'effet de la contraction, le pylore remonte et le contenu revient en arrière vers l'estomac : **courant axial rétrograde**.

Le but de cette contraction est :

- De faire passer les aliments de l'estomac vers le duodénum progressivement pour éviter l'inondation du duodénum.
- Malaxer et mélanger les aliments avec le suc gastrique.

L'onde contractile meurt au niveau du pylore et une autre onde se met au niveau de la partie moyenne du corps gastrique.



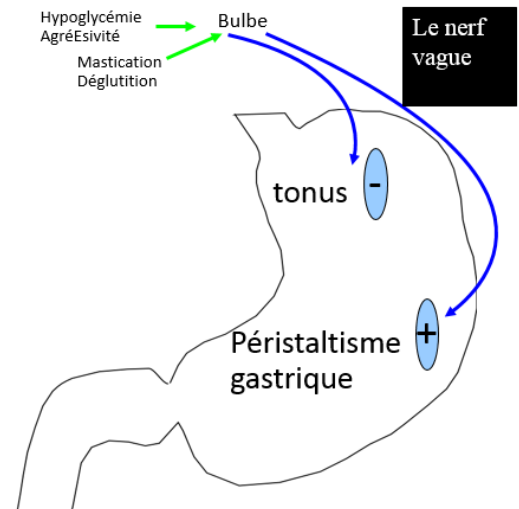
Régulation de la motricité gastrique :

Il existe 3 phases :

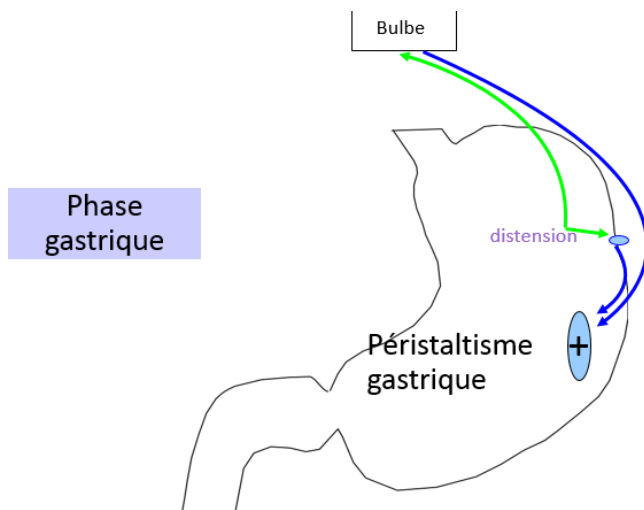
Phase céphalique : (D38)

Elle est sous la dépendance de l'hypoglycémie, l'agressivité, la mastication et la déglutition. Ces stimuli agissent sur le bulbe et il va répondre par le vague qui entraîne une inhibition du tonus gastrique (-), et une activation du péristaltisme gastrique (+).

Phase céphalique



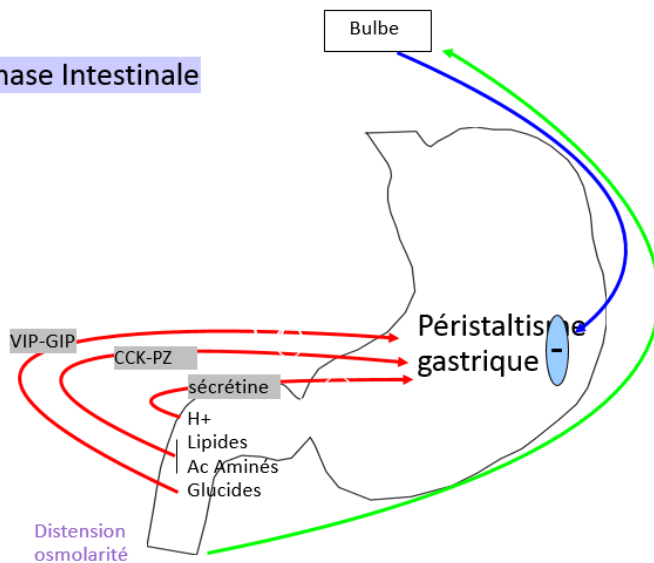
Phase gastrique : (D39)



Au niveau de l'estomac, La distension gastrique due à la présence des aliments en besoin de malaxage stimule les mécanorécepteurs. L'information est véhiculée par des afférences vers le bulbe qui agit par le vague en stimulant le péristaltisme (+).

Phase intestinale : (D40)

Phase Intestinale



La présence des « AA et lipides » et des « glucides » dans le duodénum, stimule respectivement la production de « CCK-PZ » et « VIP-GIP », qui inhibent le péristaltisme gastrique (-) : le passage des aliments vers le duodénum doit être progressif afin d'éviter l'inondation du duodénum.

Le vidage gastrique :

C'est l'évacuation progressive du contenu gastrique vers le duodénum qui est la 1^{ère} partie de l'intestin. C'est un mécanisme très complexe et pour cette raison, les chercheurs ont mis 2 hypothèses :

La théorie Classique (Russe) :

Elle parle de réflexe : selon la nature des aliments que l'évacuation est rapide ou longue.

- Les aliments riches en lipides abaissent la vitesse de l'évacuation, parce que les lipides flottent sur la surface du contenu gastrique.
- Les aliments liquides passent plus rapidement que les aliments solides.
- Les glucides inhibent ou bien ralentissent l'évacuation.

La théorie moderne (Américaine) :

C'est une théorie mécanique, correspondant à un jeu de pression entre l'antrum de l'estomac et le duodénum :

- Si $P_{\text{estomac}} > P_{\text{pylore}}$: le pylore s'ouvre.
- Si $P_{\text{estomac}} < P_{\text{pylore}}$: le pylore se ferme.

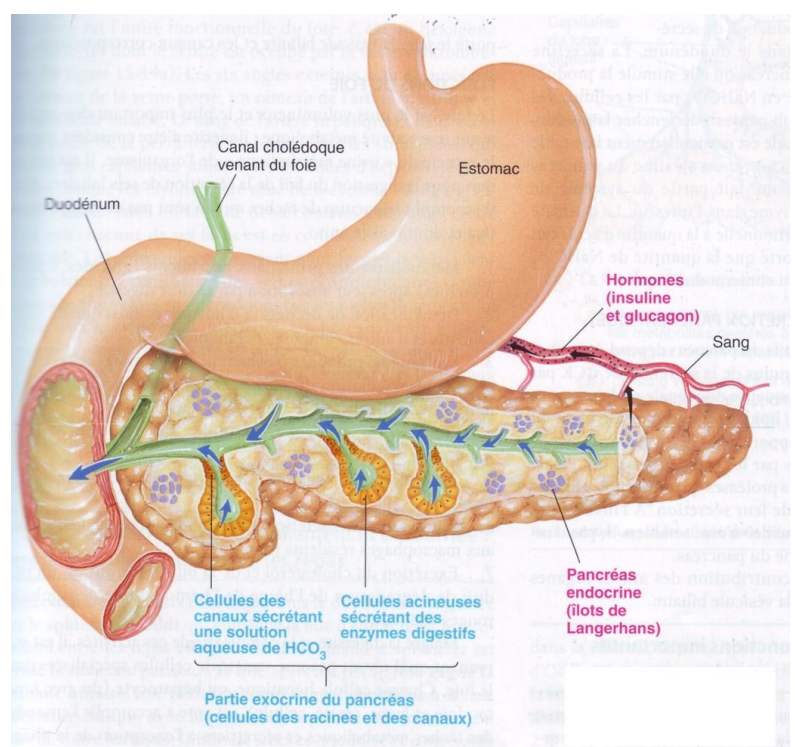
Afin d'éviter l'inondation de l'intestin par l'excès d'aliments.

LA PHASE DUODENALE :

Elle se passe au niveau du duodénum, qui est la 1^{ère} portion de l'intestin.

En plus de son rôle dans la régulation de la sécrétion gastrique et la motricité gastrique, le duodénum est le siège des 2 sécrétions :

- La sécrétion pancréatique.



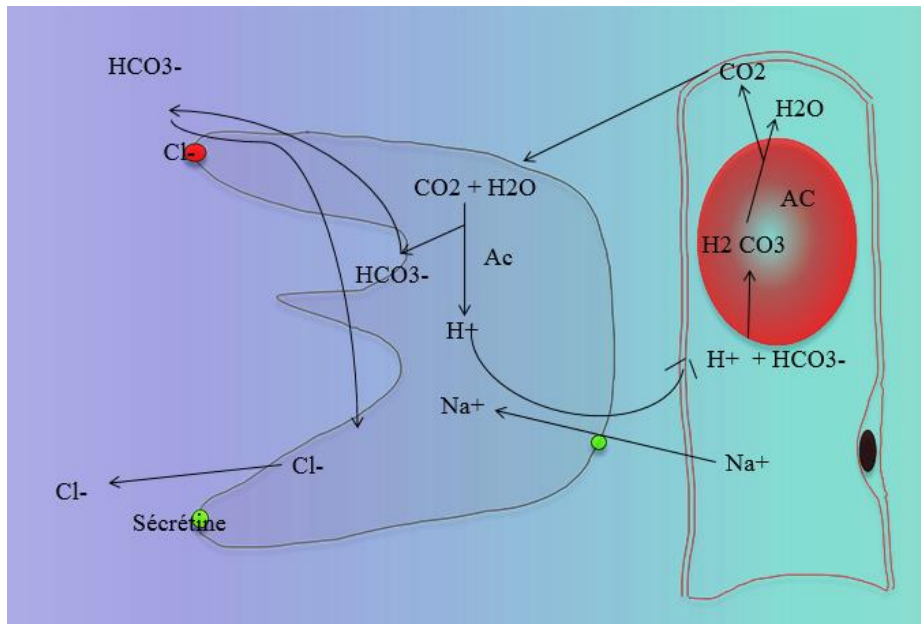
- La sécrétion biliaire.

Le duodénum fait suite à l'estomac. C'est au niveau de sa paroi que s'abouchent le canal excréteur du pancréas, et celui de la vésicule biliaire : l'ampoule de Vater.

La sécrétion pancréatique :

Le pancréas est un organe situé sous l'estomac, qui possède 2 fonctions :

- **Une fonction endocrine** : sécrétion de l'Insuline et du Glucagon par les ilots de Langerhans qui interviennent dans la régulation de la glycémie.
- **Une fonction exocrine** : au niveau du tube digestif par des acini dans les canaux, présentée par le suc pancréatique qui rassemble à peu près au plasma, sauf qu'il est un peu plus bicarbonaté :
 - **Sécrétion hydro électrolytique : (mécanisme)** Elle siège au niveau des canaux excréteurs.



A partir du sang, on obtient le CO_2 et l' H_2O .

Sous l'action de l'Anhydrase Carbonique, il y a la formation d'un proton H^+ qui passe dans la circulation sanguine, en échange avec le Na^+ .

Le HCO_3^- passe vers la lumière en échange avec le Cl^- .

Le Cl^- sort vers la lumière par un canal spécifique qui est sous la dépendance de la sécrétine (peptide libéré par la cellule duodénale du fait de la stimulation par l'acidité du contenu gastrique).

La sécrétion bicarbonatée est pour 2 raisons :

- Le pH acide irrite la pompe du duodénum.
- Le pH alcalin est indispensable à l'activation des enzymes pancréatiques.

- **Sécrétion enzymatique** : Elle siège au niveau des acini

Les enzymes pancréatiques sont libérés sous formes inactive pour éviter la dénaturation des protéines et des lipides contenus dans le pancréas (auto-digestion de la glande : pancréatite).

Elles seront activées lors leur arrivée au duodénum.

Le trypsinogène libéré par le pancréas, et activé par les entérokinases intestinales dans un milieu alcalin est transformé en trypsine.

La trypsine est un endopeptidase qui renforce la transformation des trypsinogènes en trypsine, et active tout le reste des enzymes pancréatiques.

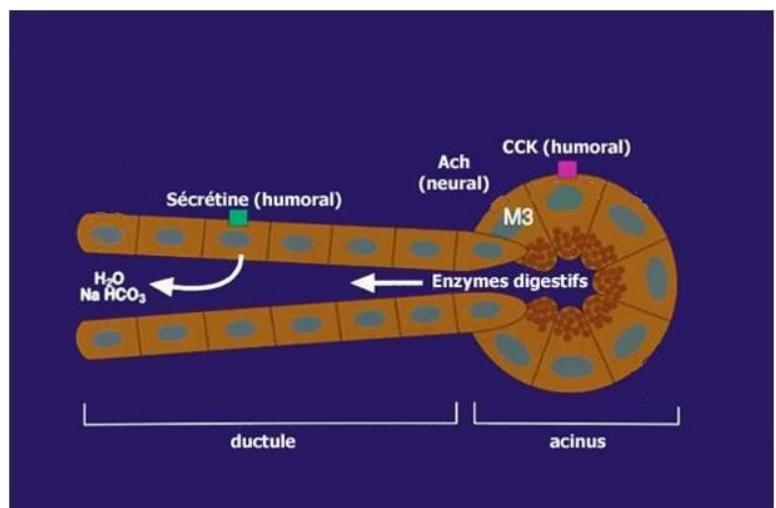
Co Enzyme (forme inactive)	Enzyme	Substrat digestif	Produit de la digestion
Chymotrypsinogène	Chymotrypsine (endopeptidase)	Protéines	polypeptides
Procarboxypeptidase A et B	Craboxylase A et B (exopeptidase)	Polypeptides	Di/tripeptides + AA
Proélastase	Elastase (endopeptidase)	Protéines	Polypeptides
	Collagénase	collagène	Plypeptides
	Amylase pancréatique (α-L-4 glucosidase)	Amidon	Oligosaccharides
	Lipase	Triglycérides	Glycérol, AG, Monoglycérides
Procolipase	Colipase	Protège la lipase	
Prophospholipase (prolécithinase A et B)	Phospholipase (lécithinase A et B)	Lecithine	Lysolécithine
	Ribonucléase	ARN	Nucléotides
	Désoxyribonucléase	ADN	Nucléotides

Le contrôle de la sécrétion pancréatique :

La sécrétion hydro électrolytique siège au niveau des canaux excréteurs, alors que la sécrétion enzymatique siège au niveau des acini.

La sécrétion enzymatique est sous l'indépendance d'un système neuro-hormonal :

- le parasympathique agit sur les cellules acineuses par des récepteurs M3.
- La CCK agit sur la cellule acineuse pour renforcer la libération d'enzymes.
- La sécrétine agit sur les cellules du canal excréteur pour favoriser la sécrétion hydro-bicarbonatée.



La sécrétion biliaire :

Le foie est un organe abdominal responsable des plusieurs fonctions pour notre organisme. Parmi ces fonctions, la fonction exocrine représentée par la production de la bile :

La bile :

- fluide jaune-verdâtre.
- neutre (pH compris entre 7 et 7,5).
- participe à la digestion des graisses.
- produite en continu par le foie (sécrétion exocrine) à raison de 0.5 à 1 L par jour.
- Stockée dans la vésicule biliaire : la vidange s'effectue en cas de besoin.

Composition de la bile :

- Eau : 97% (provient du sang)
- Électrolytes : Na^+ , K^+ , HCO_3^- , idem au plasma (proviennent du sang)
- Sels biliaires : synthétisés au niveau de l'hépatocyte (proviennent du foie), jouent un rôle très important dans la digestion des lipides, c'est le constituant principal de la bile, subissent un cycle entéro-hépatique 6 à 10 fois/24H c-à-d elles seront déversés dans le duodénum pour participer à la digestion des lipides, puis parcourent à l'intestin en arrivant à la partie inférieure du grêle, ou elles repassent dans la circulation sanguine, et rejoignent le foie à nouveau.
- Leucithine et cholestérol (qui provient du foie), ou le cholestérol participe à la constitution du calcul : Lithiase vésiculaire.
- Déchets : Produits de dégradation de l'hémoglobine : pigments biliaires (bilirubine) donnant à la bile sa couleur (provient du sang) :

Une partie de la bilirubine passe dans le TD est sera éliminée dans les selles après sa transformation en stercobiline, ce qui donne la coloration marron aux selles.

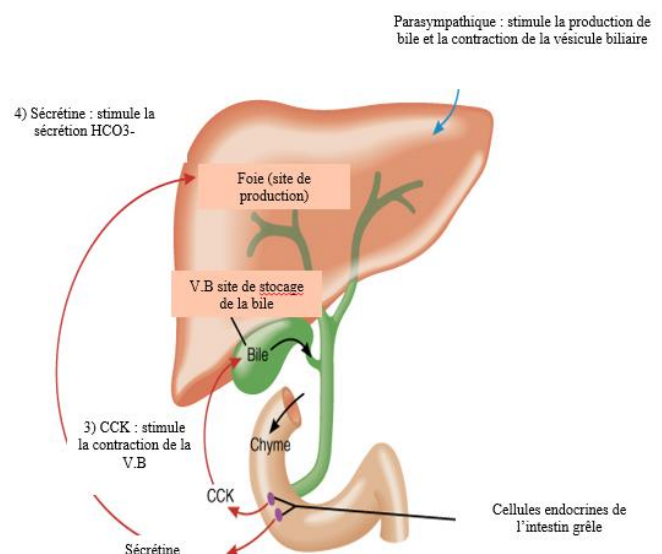
L'autre partie passe dans la circulation sanguine et sera éliminée par le rein au niveau des urines, donnant la coloration jaune au urines en transformant en urobiline.

S'il y a un obstacle au niveau de la vésicule biliaire, la bilirubine passe totalement dans le sang : une décoloration des selles (couleur blanchâtre), et une couleur foncée de l'urine (syndrome choléstatique).

Vidange de la Vésicule biliaire (Contrôle de la sécrétion biliaire) :

- Au repos : le sphincter d'Oddi se ferme. La bile est stockée et concentrée par réabsorption de l' H_2O et du Na^+ .
- Durant le repas :

Le parasympathique stimule la vidange de la VB (l'ouverture du sphincter d'Oddi et le déversement de la bile dans le duodénum par la contraction de la vésicule biliaire) et la synthèse d'une nouvelle bile.



La CCK stimule la contraction de la vésicule biliaire, et donc son déversement dans le duodénum.

La sécrétine qui est stimulée par la cellule duodénale, stimule la sécrétion de bicarbonate.

- 80 % du contenu de la VB est vidé dans le duodénum après un repas.

Signification physiologique des vidanges périodiques de bile :

Les vidanges partielles de la VB éliminent une bile concentrée pour laisser l'espace à une nouvelle bile plus diluée venant du foie, ce qui évite la formation de micro-calculs.

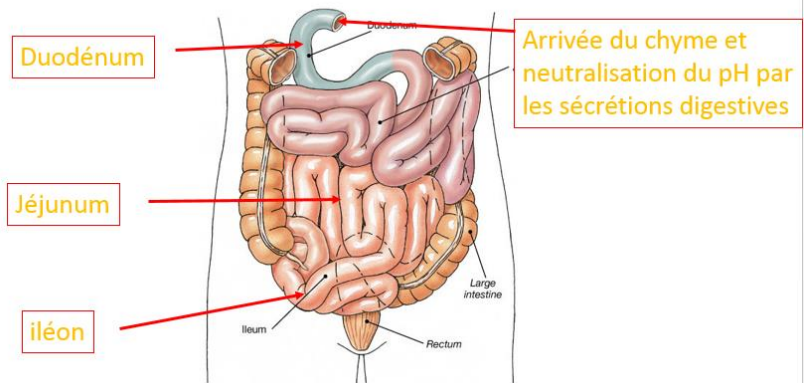
Le rôle de la bile :

- La bile neutralise le chyme gastrique acide, grâce à des ions bicarbonates.
- La bile permet la formation de micelles (émulsion) nécessaire à la digestion des graisses et les vitamines liposolubles par la lipase pancréatique.
- Elle favorise l'absorption des lipides par l'intestin grêle.

LA PAHSE INTESTINALE :

Le grêle est un cylindre de 7m de longueur, ou la surface de la muqueuse est multipliée grâce aux :

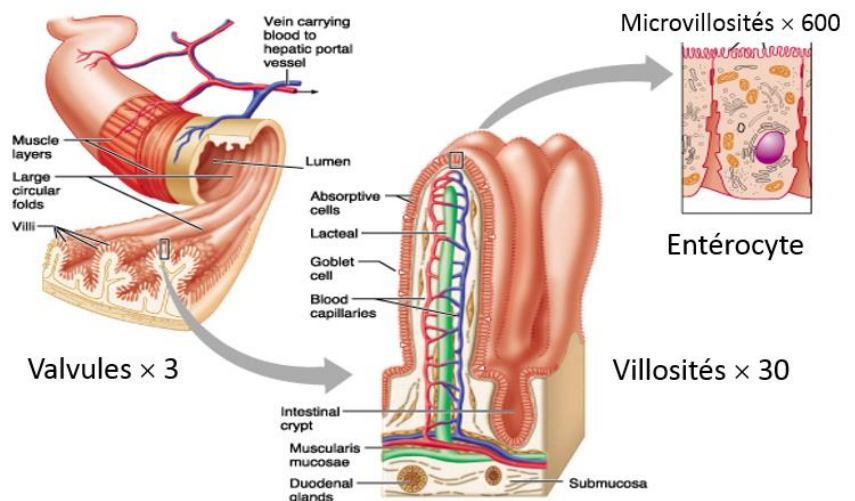
- Valvules conniventes.
- Villosités
- Microvillosités de la bordure en brosse de l'entérocyte.



L'épithélium contient les cellules suivantes :

- **L'entérocyte** : est la cellule absorbante des aliments et qui favorise leur passage de la lumière intestinale vers le milieu sanguin ou lymphatique. Elle se caractérise par :

Une membrane plasmique qui présente au niveau du pôle apical la bordure en brosse faite de microvillosités contenant des enzymes et des transporteurs nécessaires à la digestion et à l'absorption selon une mosaïque fluide. Une membrane comme les autres cellules au niveau du pôle basal.



- **Les cellules caliciformes** : se trouvent dans les cryptes, et sécrètent le mucus.

- **Les cellules endocrines** : Se trouvent aussi dans le crypte, et sécrètent de multiples hormones : sécrétine, CCK, VIP, motiline.
- **Les cellules exocrines** : en particulier, elles sécrètent le VIP, et la somatostatine.

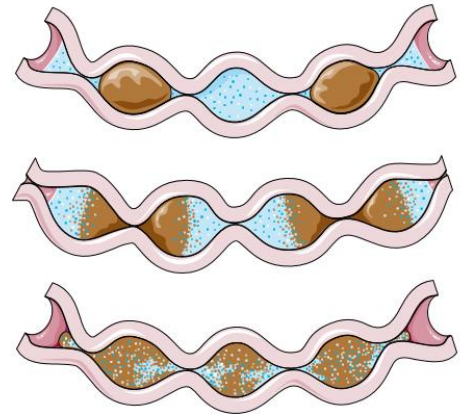
La motricité intestinale :

Le tube digestif est en mouvement permanent dû à la présence des cellules musculaires lisses qui sont innervées par d'une manière intrinsèque sous le contrôle d'un système extrinsèque.

Il existe 2 genres de mouvements intestinaux :

1- Mouvements de brassage :

- **Segmentaire** : contraction et relaxation stationnaire des fibres circulaires sans déplacement.
- **Pendulaire** : contraction des fibres longitudinales entraînant un contact étroit avec la muqueuse intestinale.



2- Mouvements propulsifs : afin de progresser et pousser les aliments le long de l'intestin vers le colon.

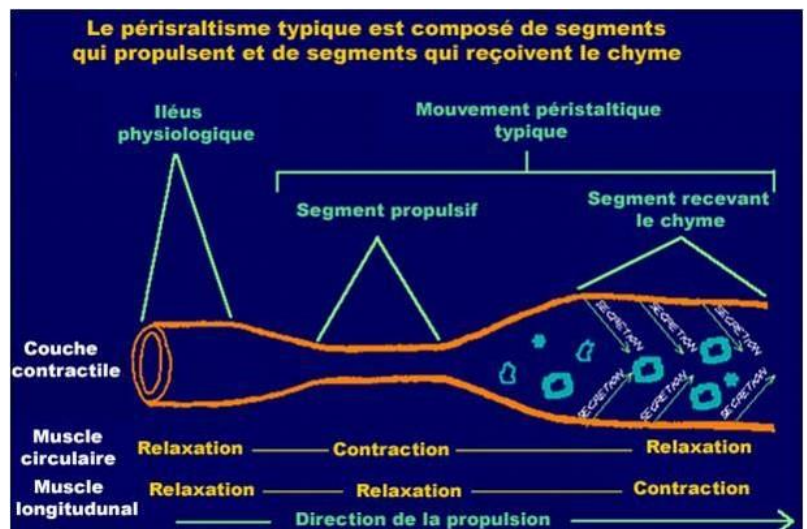
Pour les muscles circulaires :

- Iléus physiologique : relaxation parce qu'il n'y a pas d'aliments.
- Segment propulsif : contraction pour pousser les aliments.
- Segment recevant le chyme : relaxation pour recevoir les aliments.

Pour les muscles longitudinaux :

- Iléus physiologique : relaxation.
- Segment propulsif : relaxation.
- Segment recevant le chyme : contraction pour mettre en contact étroit les aliments avec la muqueuse intestinale (bordure en brosse).

Iléus : paralysie physiologique parce que le segment est en repos.



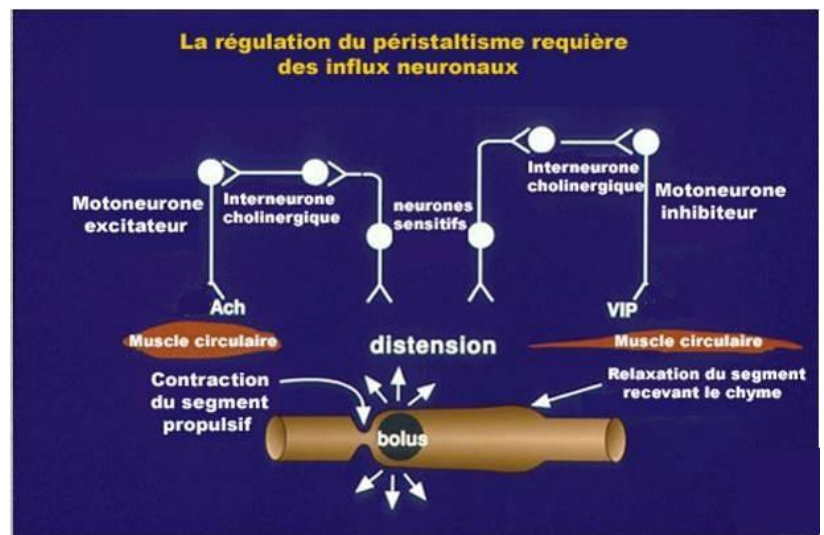
Le Complexe migrant moteur (CMM) :

- onde péristaltique unique qui dure 90 min.

- nait dans la portion inférieure de l'estomac, et se propage jusqu'au caecum.
- Elle avance vers le gros intestin les matières non digérées (rôle de nettoyage).

Régulation du péristaltisme :

- L'**ACh** (par le parasympathique), la **motiline** et la **CCK** agissent sur les muscles circulaires pour stimuler une contraction du segment propulsif.
- La **VIP** agit sur les muscles circulaires pour stimuler une relaxation du segment recevant le chyme, et inhibe la contraction du segment propulsif.



Digestion et absorption intestinale :

La digestion :

- Digestion = Hydrolyse
- Il existe 3 sites pour la digestion :
 1. Digestion extracellulaire : dans la lumière digestive grâce à des enzymes pancréatiques, salivaires et l'action de l'estomac.
 2. Digestion membranaire : par les enzymes de la bordure en brosse.
 3. Digestion intracellulaire : à l'intérieur de l'entérocyte grâce aux enzymes cytoplasmiques et lysosomals.

L'absorption :

L'absorption de l'eau :

Une grande quantité d'eau est utilisée pour la digestion et l'absorption des aliments. L'eau utilisée provient soit :

- de l'apport oral par l'alimentation (1500mL).
- des sécrétions du tubes digestif (de la bouche jusqu'au l'intestin :
 - Glandes salivaires (1500mL).
 - Suc gastrique (2500mL).
 - Bile (500mL).
 - Pancréas (1500mL).
 - Intestin (1000mL).

Eau totale présentée à l'intestin : 8500mL.

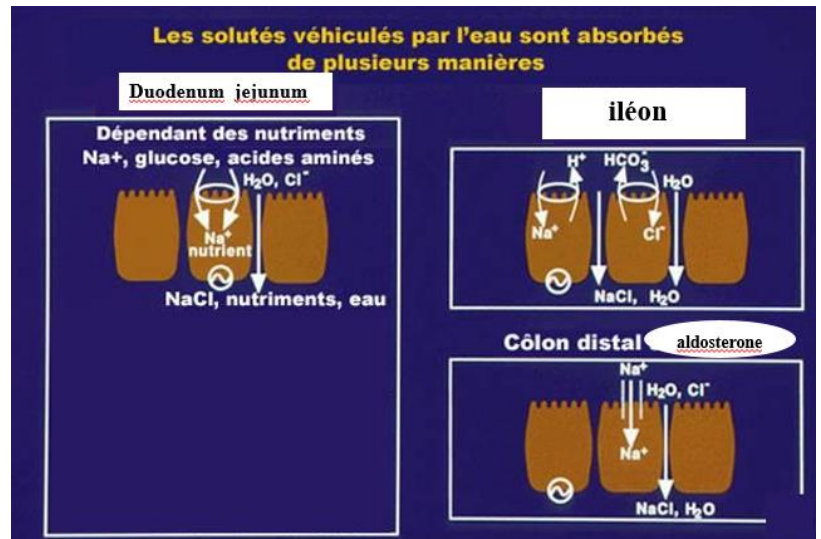
Eau excrétée dans les selles : 200mL.

Eau absorbée dans le petit et le gros intestin : 8800mL, et sera éliminée dans :

- Les urines.
- La sueur.
- Perspiration ou transpiration (respiration cellulaire).

Les solutés véhiculés par l'eau sont absorbés de plusieurs manières :

- Au niveau du duodénum et jéjunum : couplés au Na^+
Selon les lois de l'osmolarité, le déplacement du Na^+ sera suivi systématiquement par l'eau et le Cl^- .
- Au niveau de l'iléon : en forme des échanges :
 - Absorption du Na^+ , avec élimination du H^+ .
 - Absorption du Cl^- , avec élimination du HCO_3^- .
 - L'eau passe par une voie para-cellulaire.
- Au niveau du colon distal, sous la dépendance de l'aldostérone qui favorise l'absorption de l' H_2O .

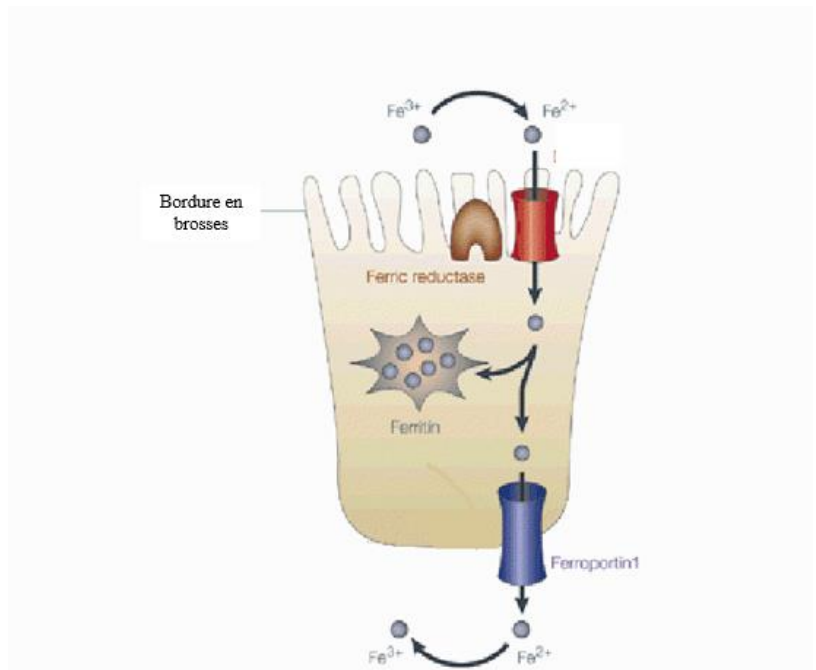


L'absorption du Fer :

Le fer est apporté par les aliments sous forme de Fe^{3+} .

Son absorption aura lieu dans le grêle proximal (duodénum + jéjunum) sous forme de fer ferreux Fe^{2+} , sous l'action de la Vitamine C.

S'il y a assez de fer dans l'organisme, il reste dans la cellule incorporé à la ferritine et sera perdu à la mort de l'entérocyte. En cas d'un manque, il sera transporté par la transferrine.



Remarque : ne jamais prendre à l'alimentation des aliments composés du fer et du calcium en même temps, car le fer entre en compétition avec le calcium lors l'absorption et rien ne sera absorber.

L'absorption du calcium :

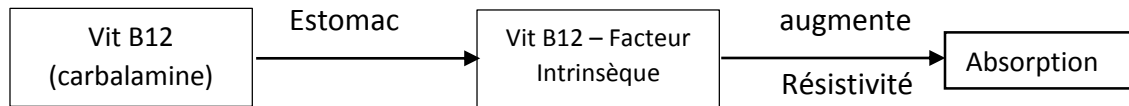
Elle aura lieu dans le duodénum :

- Au niveau du pole apical, le Ca^{2+} sera absorbé par une diffusion facilitée, et en partie fonction de la vitamine D.
- Le Ca^{2+} sera transporté à l'intérieur de l'entérocyte par une protéine porteuse, dont la synthèse dépend de la vitamine D.

- Le Ca^{2+} sort de l'entérocyte par une pompe active, en échange avec le Na^{+} ou le Mg^{2+} (selon le besoin de l'organisme) : c'est un transport saturable.

L'absorption de la Vitamine B12 :

Au niveau de l'estomac, la Vitamine B12 est sensible au pH acide (l'HCl) et la trypsine pancréatique par conséquent, il y a la formation du complexe VitB12-FI qui augmente sa résistance à la trypsine, la transporte jusqu'au iléon où il existe des récepteurs favorisant son absorption.



La vitamine B12 synthétise les globules rouges.

L'anémie pernicieuse : La carence en VitB12 liée à l'absence du FI gastrique. Observée surtout chez ceux qui ont subi une gastrectomie.

L'absorption de l'acide folique (la Vitamine B9) :

L'acide folique a un rôle dans la synthèse de l'ADN.

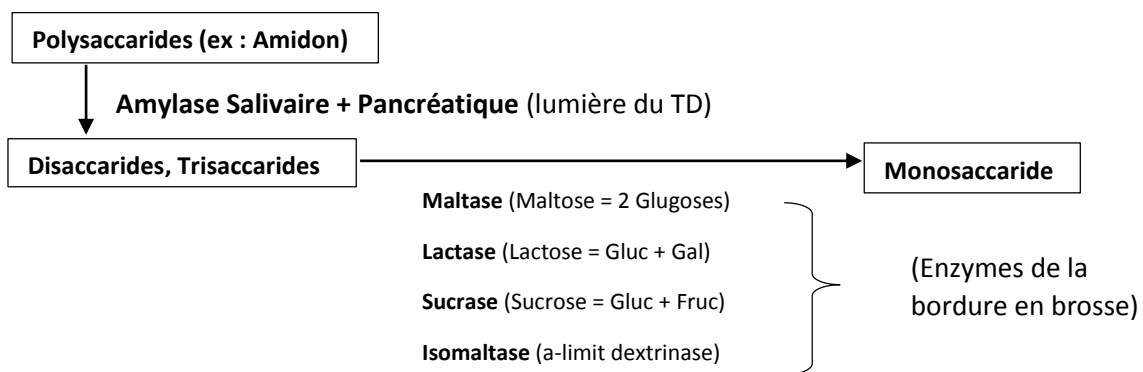
Son absorption se fait par un mécanisme de transport actif au niveau du jéjunum.

Remarque : l'acide folique est donné aux femmes qui désirent avoir des enfants avant la conception jusqu'à la fin du 3^{ème} mois. Il protège le fœtus des malformations.

Digestion et absorption des glucides :

Seuls les monosaccharides peuvent être absorbés par les entérocytes, ce qui implique une digestion complète des glucides.

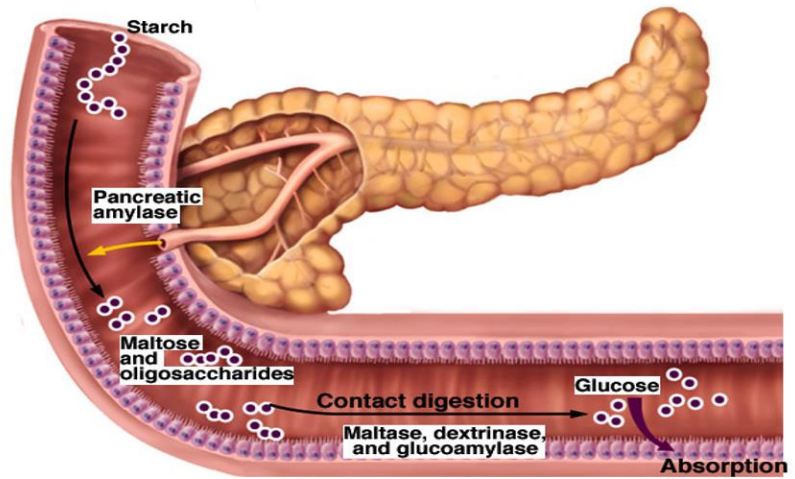
Etapas dans la digestion des glucides :



* 50% de l'amidon peut être digéré avant d'arriver dans l'intestin.

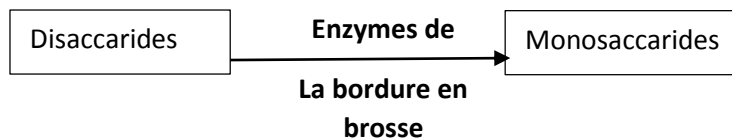
A/ Digestion des glucides par l'Amylase pancréatique :

- Hydrolyse des liaisons alpha 1-4.
- Production des disaccharides, et polysaccharides.
- importance majeure dans la digestion de l'amidon et du glycogène.



B/ Digestion dans la bordure en brosse :

Digestion médiée par les enzymes synthétisées par la bordure en brosse des entérocytes :



Absorption des Glucides (Monosaccharides) :

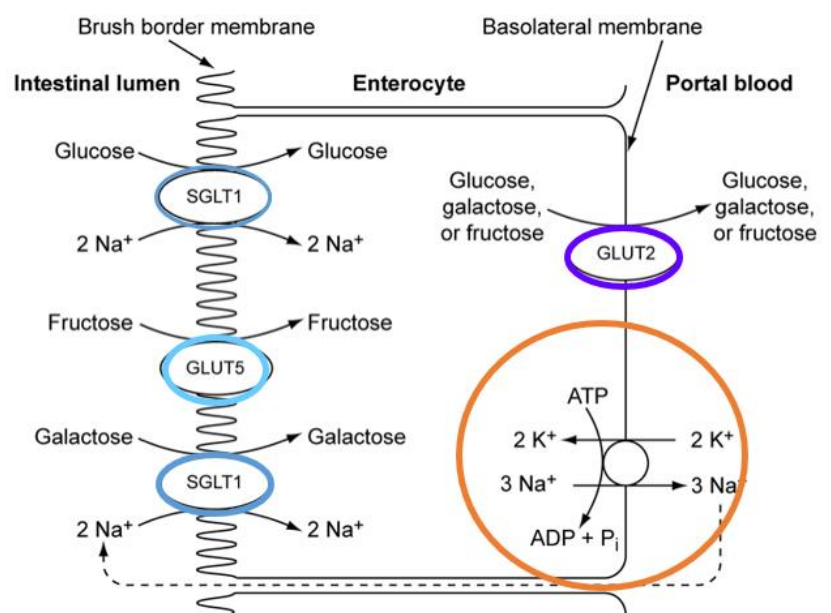
Les monosaccharides sont essentiellement absorbés au niveau du duodénum et jéjunum.

Il n'y a pas d'absorption des Disaccharides, des Tri saccharides ou des Polysaccharides.

Chez le nouveau-né pendant les 1ères 24 heures, il y a une absorption des sucres complexes.

Elle est due à la présence d'une immaturation des enzymes. C'est pour cette raison qu'on ne doit pas l'alimenter par le lait et les légumes. Il faut attendre jusqu'au 1^{er} mois pour la diversification de l'alimentation. Avant qu'il atteigne son 1^{er} mois, l'alimentation doit être exclusivement lactée.

Il existe 2 familles de transporteurs qui sont responsables de faciliter le passage des sucres de la lumière vers l'entérocyte, puis vers les capillaires du foie :



- **SGLT** : Absorption active, nécessite de l'ATP et du Na⁺, avec un changement de configuration. Il permet le passage des monosaccharides de la lumière vers l'intérieur de l'entérocyte.
- **GLUT** : Absorption par diffusion facilitée saturable. Il nécessite ni ATP ni Na⁺, et permet le passage des monosaccharides de la lumière vers l'intérieur de l'entérocyte, et aussi de l'entérocyte vers la circulation sanguine.

Digestion et absorption des protéines :

Les protéines animales apportent plus d'acides aminés, donc leur valeur nutritionnelle est meilleure que les protéines végétales.

Les protéines ont un rôle dans le renouvellement des tissus, et aussi dans la synthèse des enzymes, dans la croissance, et même dans la grossesse.

Les protéines sont digérées par des peptidases :

- **Endopeptidases** : qui se trouvent dans la lumière, et leur action sur une protéine donne de petits polypeptides. **Ex** : La Pepsine (l'estomac), la Trypsine, l'Elastase, la Chymotrypsine (pancréas).
- **Exopeptidases** : Leur action sur une protéine donne des acides aminés. **Ex** : La Carboxypeptidases (dans la lumière), l'Amino-peptidases (sur la bordure en brosse).

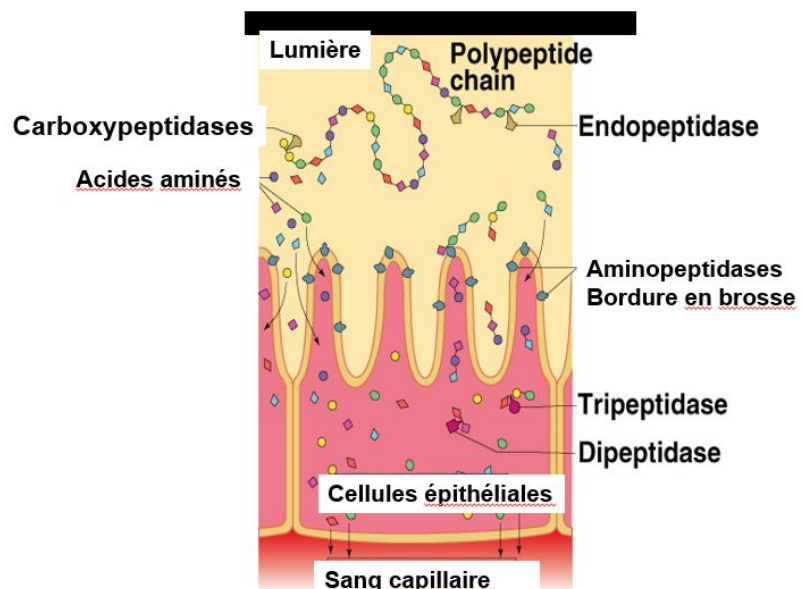
Produits issus de la digestion :

Les AA et les di/tri peptides sont les formes principales d'absorption par les entérocytes :

- 33% sont libérés sous forme d'AA : passent de la lumière vers l'entérocyte par un **co-transporteur avec le Na⁺** (même mécanisme pour le sucre).
- 67% sont libérés sous forme de di/tri peptides : **transport actif** vers l'intérieur de l'entérocyte ou ils seront attaqués par des **di/tri peptidases** avant d'être transportés vers le sang.

Remarque : Parfois, il existe chez un sujet une mauvaise absorption des protéines ou des glucides, qui peuvent être due à 2 raisons :

- Un déficit enzymatique.
- Une pathologie au niveau de la bordure en brosse (altération des mécanismes de dégradation et d'absorption).



La pathologie la plus fréquente est **l'intolérance au Gluten** (malade cœliaque) : c'est une pathologie auto-immune lorsque le Gluten existe dans le TD, découverte chez les enfants et se manifeste par l'existence d'une anémie, une diarrhée chronique et un retard en croissance.

Lorsque le malade mange un aliment contenant du Gluten, il développe une réaction immunitaire contre le Gluten (allergie) qui conduit à une atrophie villositaire (pas de microvillosités) : une altération des mécanismes de dégradation et d'absorption par une altération de la bordure en brosse.

Dans ce cas, il faut éviter les aliments contenant le Gluten.

Digestion et absorption des lipides :

¾ des triglycérides, le reste des phospholipides, des esters de cholestérol et des vitamines liposolubles.

L'absorption est plus complexe que celle des glucides et des protéines, parce que les lipides flottent sur la surface des liquides sous forme de gouttes. Les lipases n'attaquent que la grande surface, alors que les lipides qui se trouvent à l'intérieur sont inaccessibles, donc il faut une émulsion :

Il existe 2 formes d'émulsification :

- **Mécanique** : par la motricité gastrique, en fragmentant la grande gouttelette en petites gouttelette.
- **Chimique** : par un agent émulsionnant (les sels biliaires) dans le duodénum qui donne une action optimale à la lipase.

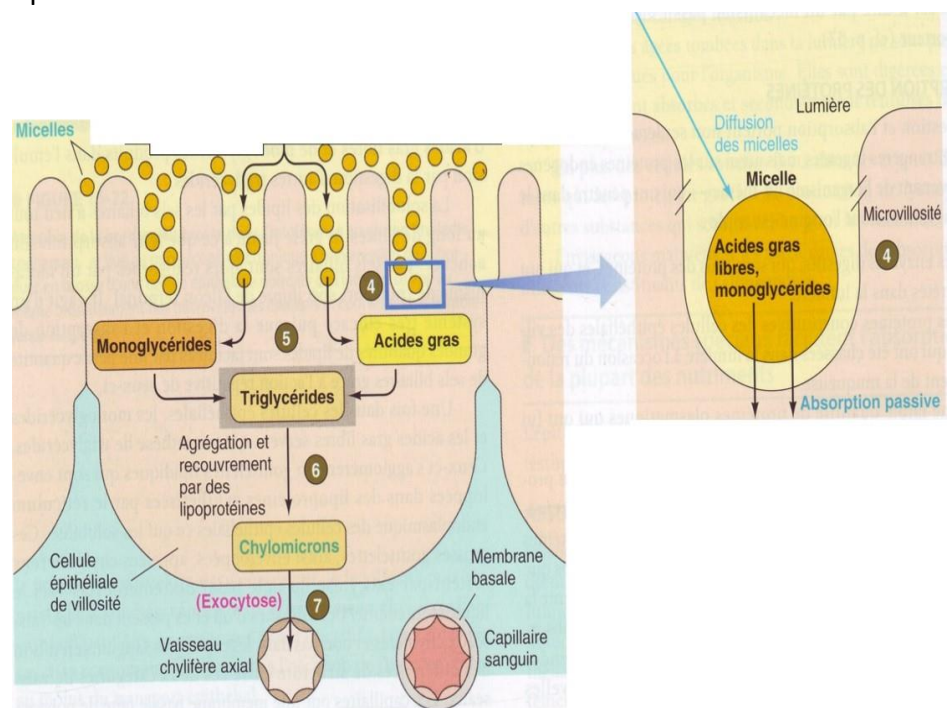
Rôle des sels biliaires :

Les sels biliaires se déposent à la périphérie des petites gouttelettes et les empêchent de se rassembler pour que la lipase peut les attaquer et dégrade les triglycérides en mono glycérides et acides gras : c'est la formations des micelles.

Les micelles sont constituées de sels biliaires, des acides gras et de mono glycérides regroupés en amas, avec la portion non polaire au centre. Les micelles se brisent en contact avec la muqueuse, et leur contenu passe par diffusion dans l'entérocyte.

Les sels biliaires ne seront pas absorbés : Ils restent dans l'iléon ou ils seront réabsorbés (cycles entéro-hépatique), pour qu'ils participent à la formation d'autres micelles du duodénum jusqu'au niveau de l'iléon.

A l'intérieur de l'entérocyte : resynthèse des triglycérides et leurs couplages à une protéine porteuse (formation de chylomicrons). Puis le passage des chylomicrons dans la circulation lymphatique par une exocytose.



Le devenir des triglycérides :

- **Cholestérol** : synthèse des hormones.
- **Vitamine A** : la croissance, la vision...
- **Vitamine D** : absorption du calcium et du phosphore, et leur fixation sur l'os.
- **Vitamine E** : la fertilité.
- **Vitamine K** : la coagulation du sang.

Les triglycérides que la personne n'a pas besoin de les consommer seront stockés dans les adipocytes. Ces dernières possèdent une mémoire (la facilité et la rapidité de reprendre le poids perdu par un régime lorsque la personne recommence son régime alimentaire habituel).

LA PHASE COLIQUE :

Le gros intestin est la zone de séjour prolongé des aliments. Le colon présente les fonctions suivantes :

- Absorption finale de l'eau et des électrolytes (Na⁺ en particulier), sous la dépendance de l'aldostérone.
- Production des fèces.
- Elimination contrôlée par le rectum.
- Libération du mucus qui :
 - protège la paroi colique des agressions.
 - ramollie (lubrifie) les selles pour faciliter leur émission (éviter la constipation).
 - une activité bactérienne : la salive, l'acidité gastrique et la sécrétion biliaire détruisent les bactéries, mais pas parfaitement. Les bactéries qui échappent arrivent au colon et se divisent en avant un mécanisme d'équilibre entre leur division et leur destruction : la flore intestinale.

La flore intestinale est parfois bénéfique, parce qu'elle participe à la digestion, protège contre les agressions venant d'autres bactéries par un mécanisme non connu, en plus elle joue un rôle dans la formation des gaz en digérant certains aliments surtout ceux riches en azote.

La défécation :

Les déchets seront éliminés à l'extérieur de l'organisme, on les progresser le long du colon par une motricité due aux muscles lisses qui se propage du caecum jusqu'au l'ampoule rectale. À ce niveau il existe 2 sphincters : l'une est volontaire, et l'autre est involontaire.

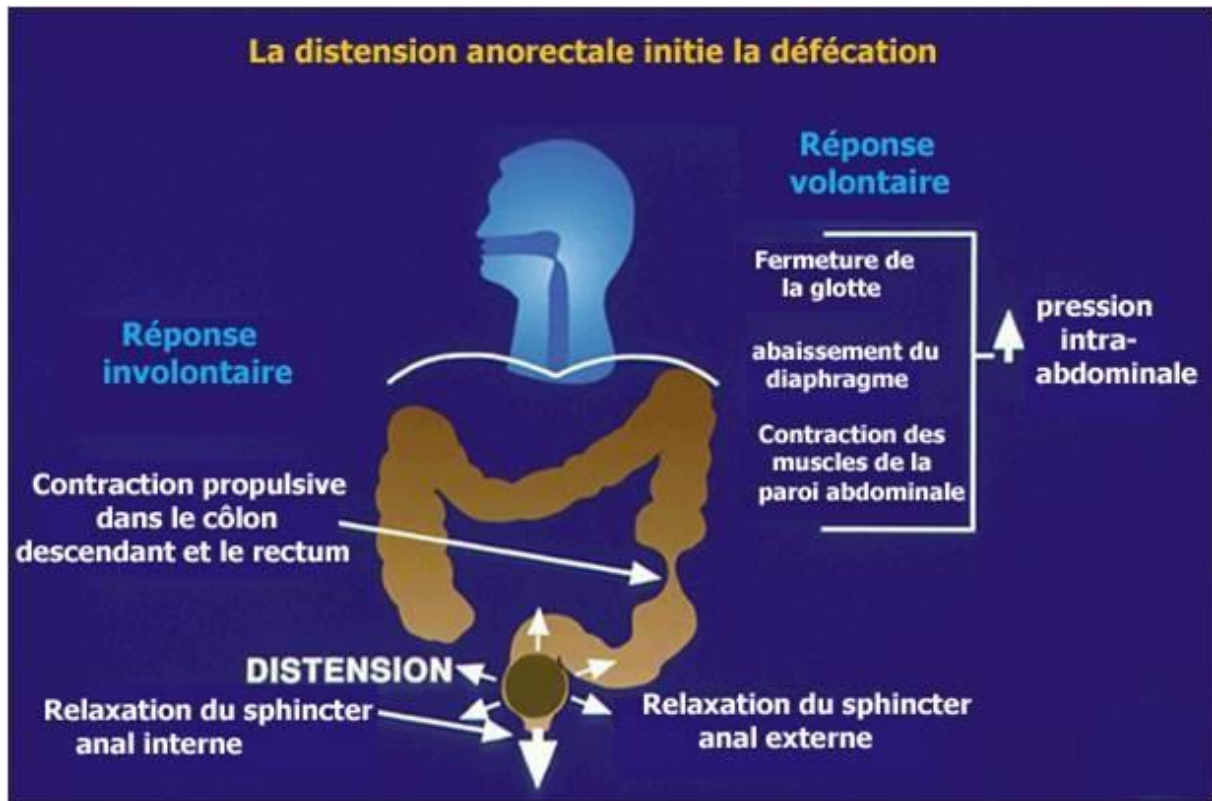
Réponse involontaire :

Une contraction propulsive dans le colon descendant et le rectum qui entraîne une distension au niveau de l'ampoule rectale. Cette pression entraîne une relaxation du sphincter anal interne.

Réponse volontaire :

- Fermeture de la glotte (apnée légère).
- Abaissement du diaphragme.
- Contractions des muscles de la paroi abdominale : augmentation de la pression intra-abdominale.

- Relaxation du sphincter du canal externe.



Pathologies :

La constipation : C'est une pathologie très fréquente qui affecte les personnes qui :

- Ne mangent pas beaucoup de légumes et des fibres, qui stimulent la sécrétion en mucus qui ramollit les selles.
- Ne prennent pas beaucoup d'eau.
- Ne marchent pas beaucoup.

Ces personnes développeront un dolichomégacolon : distension du colon en longueur et en diamètre. Par conséquent, le colon devient fainéant. Il peut conduire aussi à des fissures anales qui arrivent jusqu'à l'intervention chirurgicale.

La diarrhée : Selles liquidiennes et abondantes.

En cas d'intoxication, il y aura une altération de l'équilibre bactérien, l'entérocyte souffre et ne peut pas absorber les aliments, en particulier l' H_2O , qui s'accumule dans la lumière.

Syndrome de chasse : Une personne fait un jeun prolongé et commence à manger tout au même temps, souffrira d'une distension de l'intestin, puis augmentation de la pression oncotique au niveau de l'intestin : les liquides au lieu de passer du TD vers le sang, Ils passent du sang vers la lumière. Les aliments hyper-osmolaires chassent les liquides du secteur vasculaire.