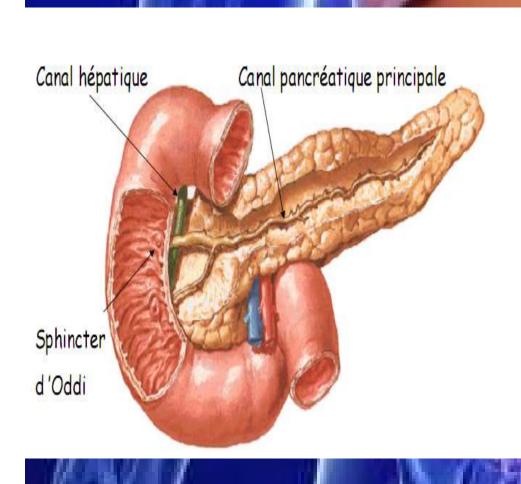
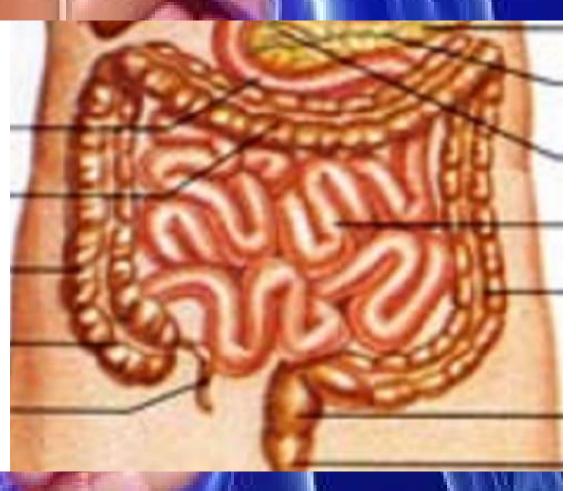
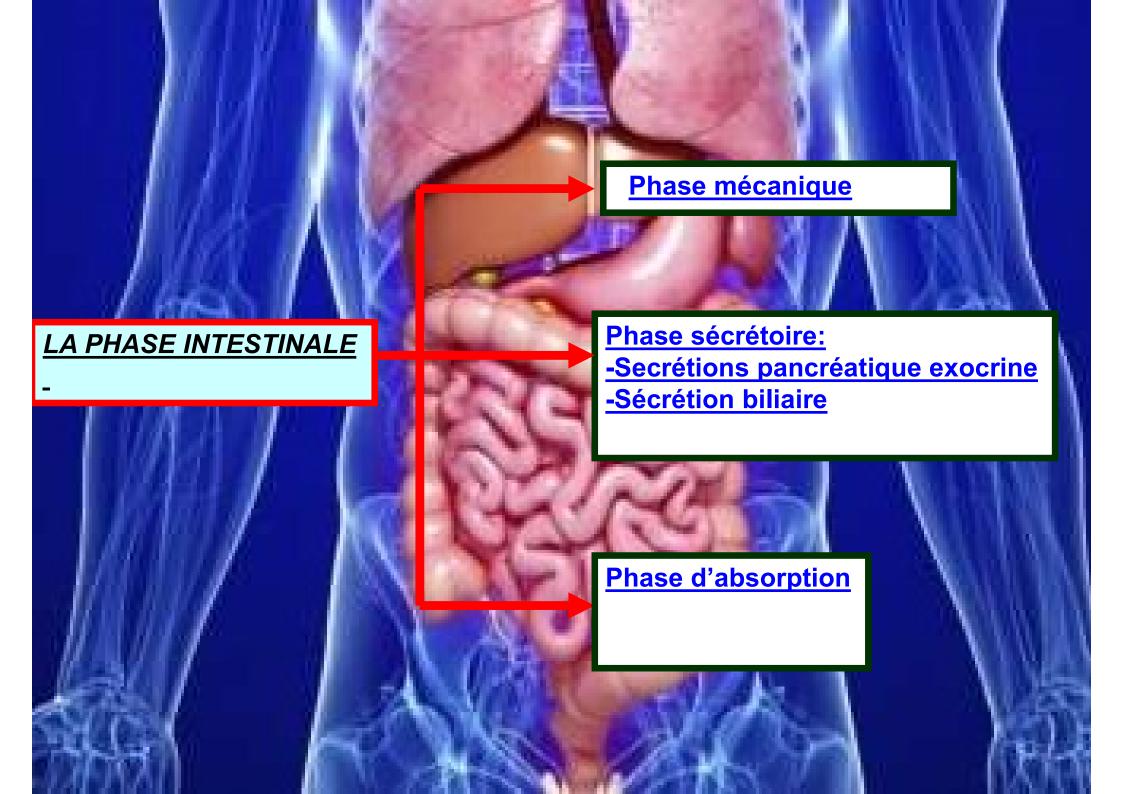
# LA PHYSIOLOGIE DIGESTIVE LA PHASE INTESTINALE





Réalisé par Dr Bensouag



# Phase mécanique : PHYSIOLOGIE DE LA MOTRICITE INTESTINALE

# Intestin grêle: 3 fonctions

- Mélange des aliments avec sécrétions digestives
- Facilite contact du chyme avec muqueuse
- Assure la propulsion du contenu intestinal dans le sens aboral

# Phase mécanique : PHYSIOLOGIE DE LA MOTRICITE INTESTINALE

#### Deux types de phénomènes moteurs :

Mouvements locaux de brassage, non propagés 12 à 15 fois par min Mouvements locaux péristaltiques, d'étranglement, de progression.

#### En période inter digestives

Activité mécanique intermittente (complexe moteur migrant) débutant en pace maker gastrique(jonction antre-fundus) vers la valvule iléo-caecale en 90 à 120 min.

#### En période digestive

Le CMM s'interrompt pour laisser place à une activité contractile continue et irrégulière faite de contractions segmentaires et péristaltiques.

#### Complexe migrant moteur

CMM correspond à un mode de survenue cylindrique des activités électriques de l'intestin.

## Phase I:

Dure 35-65 min, phase de quiescence, pas d'activité contractile, sur l'EMG seules les ondes lentes sont présentes.

## Phase II:

Dure 25-60 min, activité irrégulière, apparition très irrégulière de potentiels d'action qui viennent surcharger les ondes lentes, contractions irrégulières et propagées.

### Phase III:

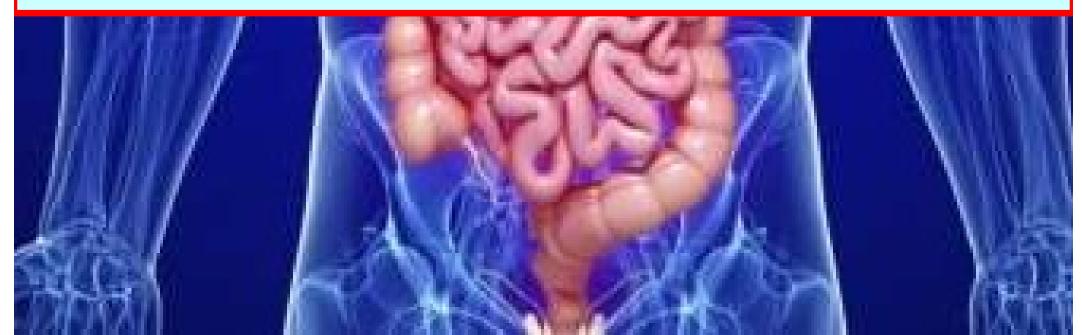
La plus typique, la plus brève (5-10 min), période d'activité régulière, chaque onde lente est porteuse de potentiels d'action, bouffées de contractions propagées.

# Contrôle du CMM:

<u>Innervation intrinsèque</u> : activité automatique des plexus myentériques.

<u>Innervation extrinsèque</u> : le parasympathique (X) renforce l'activité motrice et le sympathiques (nerf splanchnique) la réduit.

Contrôle homonal : permet le déclenchement du CMM -Pic de motiline.

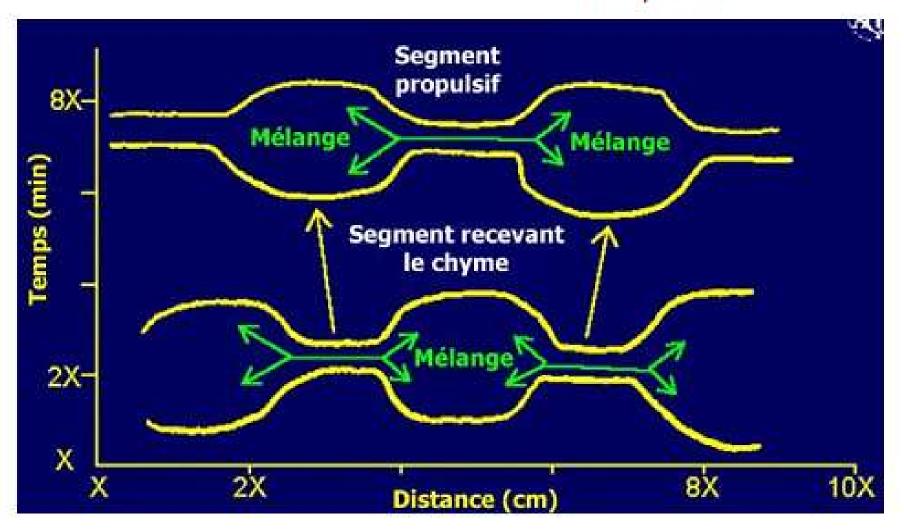


#### Motricité de l'intestingrêle

A) Contraction de brassage:

Mélange du chyme avec les sécrétions digestives: digestion 1

Tapisse la paroi avec le chyme: absorption 1



#### B) Mouvement propulsif:

#### Ondes propulsives intestinales:

Ondes faiblement péristaltiques: 3 à 5 heures du duodénum au colon Sous le contrôle de système nerveux et hormonaux

#### Réflex gastro-entérique:

Provoqué par la distention gastrique (mécanorécepteur)

- -Stimulation direct de la motricité intestinale par les plexus
- -Mise en jeux du centre parasympathique avec afférence et efférences du X

#### Facteurs hormonaux:

Stimulation de la motricité: Gastrine, CCK

Inhibition de la motricité: Sécrétine

# Phase sécrétoire

#### 1-PHYSIOLOGIE DE LA SECRETION PANCREATIQUE

#### **1-INTRODUCTION:**

Le pancréas est l'organe qui sécrète la plus grande quantité d'enzymes par rapport à sa masse.

Ces enzymes sont indispensables à la digestion

Elles préparent les aliments pour permettre leur absorption optimale par l'épithélium de l'intestin grêle.

#### 2 – MORPHOLOGIE FONCTIONELLE

#### Le pancréas exocrine :

- -90 % de la masse tissulaire.
- -acinus et lobules drainés par des canaux.
- -cellules zymogènes responsables de la sécrétion enzymatique.
- -cellules des canaux (cellules canalaires) responsables de la sécrétion hydro électrolytiques.

#### Les canaux excréteurs:

Canal excréteur principal : canal de Wirsung, se jette dans le duodénum par l'ampoule de Vater (accompagné de la voie bilaire principale).



Zone commune pancréatique et biliaire commandée par un sphincter lisse unique : le sphincter d'Oddi .

Le pancréas endocrine

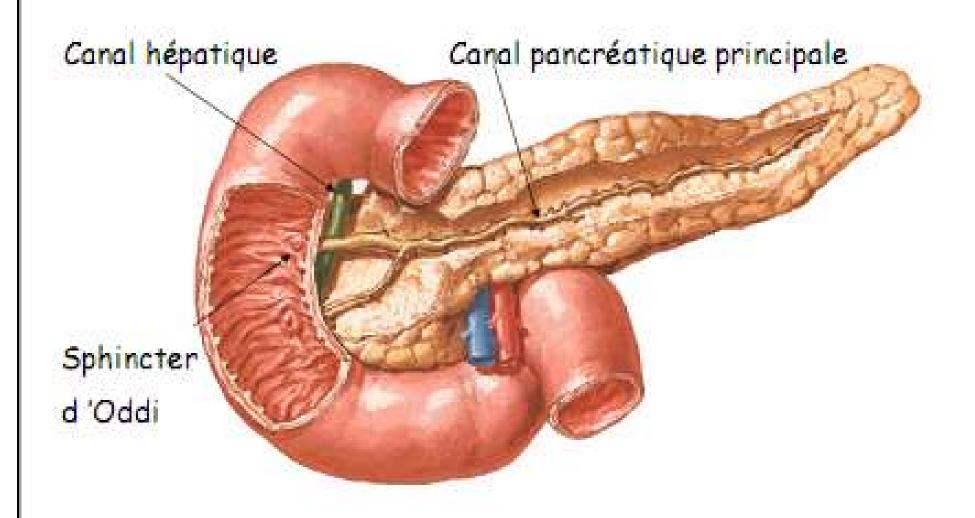
Dispersé en amas cellulaires au sein du parenchyme : îlots de

Langerhans

Sécrètent l'insuline, le glucagon



# Schéma général



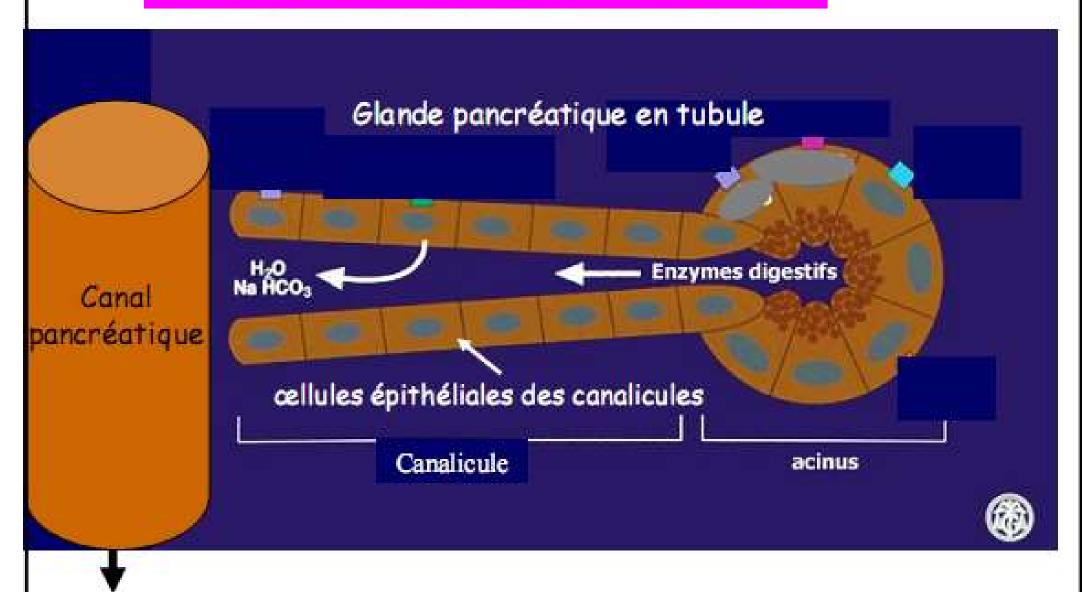
#### **3-SUC PANCREATIQUE**

- -Recueilli pur par cathétérisme rétrograde endoscopique du canal de Wirsung ou mélangé aux sécrétions duodénales et biliaires par tubage duodénal
  - -Liquide incolore, non visqueux.
  - -Sécrétion de 1,5 à 2,5 L / jour

#### A-Sécrétion des enzymes pancréatiques

- -Le pancréas produit 6 à 20 grammes de protéines par jour.
- -Enzymes produites sous forme inactive ; ce sont des zymogènes.
- -L'activation est secondaire dans le duodénum grâce à une enzyme de la barrière en brosse des entérocytes : l'entérokinase.
  - -L'entérokinase active le trypsinogène en trypsine.
- -C'est ensuite la trypsine qui va activer d'autres enzymes pancréatiques en chymotrypsine, colipase, élastase, carboxypeptidase, phospholipase.

# C-1) Les enzymes digestives pancréatiques



Lumière duodénale

# C-1) Les enzymes digestives pancréatiques

# Permet la digestion: Protéines, sucres et graisses

#### Enzymes protéolytiques

- -Trypsine, Chymotrypsine: Endopeptidase
- Carboxypeptidase: Exopeptidase
- Elastase et nucléase

#### Synthétisées par le pancréas sous forme inactive:

- -Trypsinogène: activé par l'entérokinase (muqueuse intestinale) et trypsine
- -Chymotripsinogène: activé par la trypsine
- -Procarboxypeptidase: activée par trypsine

#### Autre mécanisme d'inhibition:

Inhibiteur de la trypsine synthétisé par les cellules acineuses et présent dans le cytoplasme: prévient activation de la trypsine: a) à l'intérieur de la cellule acineuse, b) dans les acinis, c) dans canaux pancréatique

# C-1) Les enzymes digestives pancréatiques

Permet la digestion: Protéines, sucres et graisses

#### Enzymes permettant digestion des sucres

 Amylase pancréatique: hydrolyse amidon, glycogène et la plus part des glucides (sauf cellulose). Formation principalement de disaccharides

#### Enzymes permettant digestion des graisses

- -Lipase pancréatique: hydolyse graisse (TG) en AG + monoglycéride
- -Cholestérol estérase: hydrolyse cholestérol et dérivés
- -Phospholipase: clive les AG des phospholipides

## B- Sécrétion hydro – électrolytique

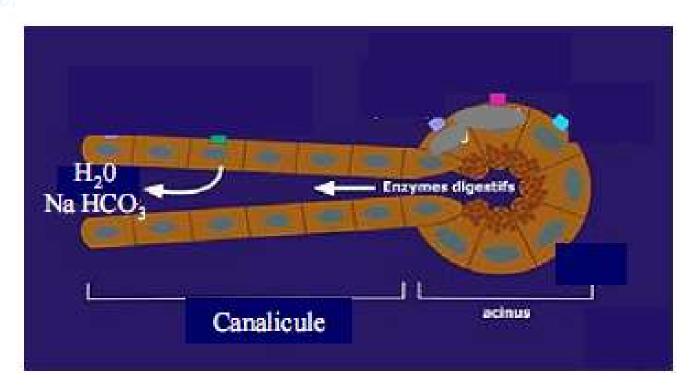
- -Assurée par les cellules acineuses et surtout canalaires.
- -Les concentrations de Na et K sont indépendantes du débit sécrétoire, voisines du plasma.
- -La sécrétion des anions HCO3 et CL varie en fonction du débit Sécrétoire.
- -La sécrétion de bicarbonates atteint 170 mM; il s'agit d'une sécrétion active de bicarbonates par les cellules canalaires.
  - -La sécrétion CL varie en sens inverse de celles des bicarbonates.



## C-2) La sécrétion des ions bicarbonates

Sécrétion par cellules épithéliales des canalicules

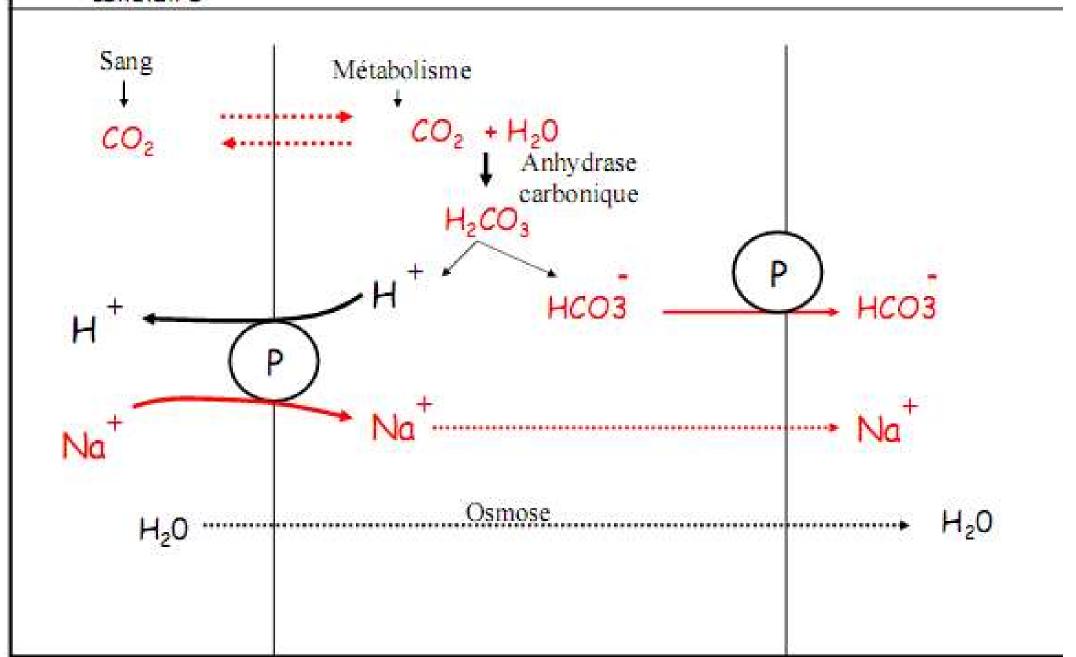
[HCO3-] ~ 145 milliequivalents / l, pH alcalin: permet neutralisation dans le duodénum de l'HCL libéré par estomac



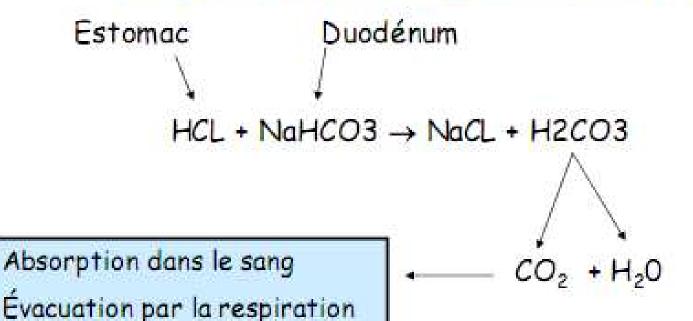
# C-2) La sécrétion des ions bicarbonates

Liquide extracellulaire Cellule des canalicules

Lumière du canalicule



## C-2) La sécrétion des ions bicarbonates



pH duodénale: 7~8

Optimal pour enzymes pancréatiques

Permet l'excrétion des enzymes pancréatiques dans le duodénum et protection de la muqueuse duodénale.

#### C-3) Régulation de la sécrétion pancréatique

#### Point de départ

Distension duodénale
Irritation de la muqueuse duodénale
Acidité du chyme duodénale
Osmolarité † du chyme duodénale
Produit protidique non dégradés
Présence de graisse



A)Stimulation cellule muqueuse duodénale:

Cholécystokinine (CCK):

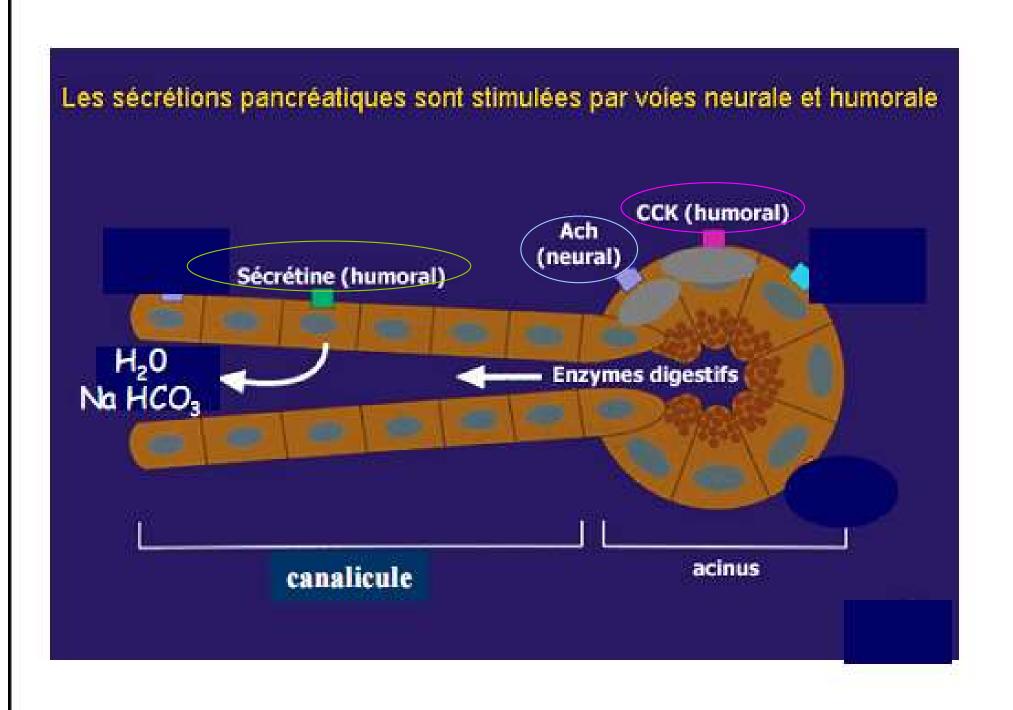
- B) stimulation Afférences excitatrices du X: libération Acétylcholine par éfferences du X
- → Sécrétion d'enzyme digestive pancréatiques (Cellules acineuse)

C) Stimulation cellule muqueuse duodénale:

Sécrétine: Synthétisée par muqueuse duodénale :

→ Sécrétion d'H2O et de bicarbonates par pancréas

(Cellules épithéliales des canalicules)



#### C-3) Régulation de la sécrétion pancréatique

#### Phase Céphalique: stimulation nerveuse

Le même signal nerveux qui provoque la sécrétion gastrique, entraîne la libération d'Ach par terminaison nerveuse du  $X \rightarrow début de sécrétion d'enzymes mais pas d'excrétion car pas de stimulation par la sécrétine (eau et bicarbonates).$ 

#### Phase Gastrique: stimulation nerveuse

Stimulation nerveuse (nerf X) de la sécrétion enzymatique continue

#### Phase intestinale: stimulation nerveuse et humorale

Après entrée du chyme dans duodénum: sécrétion pancréatique devient abondante en réponse à la stimulation du X et à la sécrétion de la sécrétine et la Cholécystokinine.

# La Phase d'absorption

L'absorption intestinale est un phénomène qui débute au niveau duodénal et se termine au niveau colique.

#### 1-DIGESTION ABSORPTION DES HYDRATES DE CARBONES

- -Les glucides alimentaires : amidons et cellulose.
- -Les processus de digestion (hydrolyse) et d'absorption sont indissociables.
- -La digestion des sucres débute dans la lumière intestinale sous l'action des alpha amylases salivaires et pancréatiques qui clivent les amidons en oligosaccharides et disaccharides. La cellulose est résistante aux amylases. Les dimères et oligosaccharides diffusent à travers le glycocalix

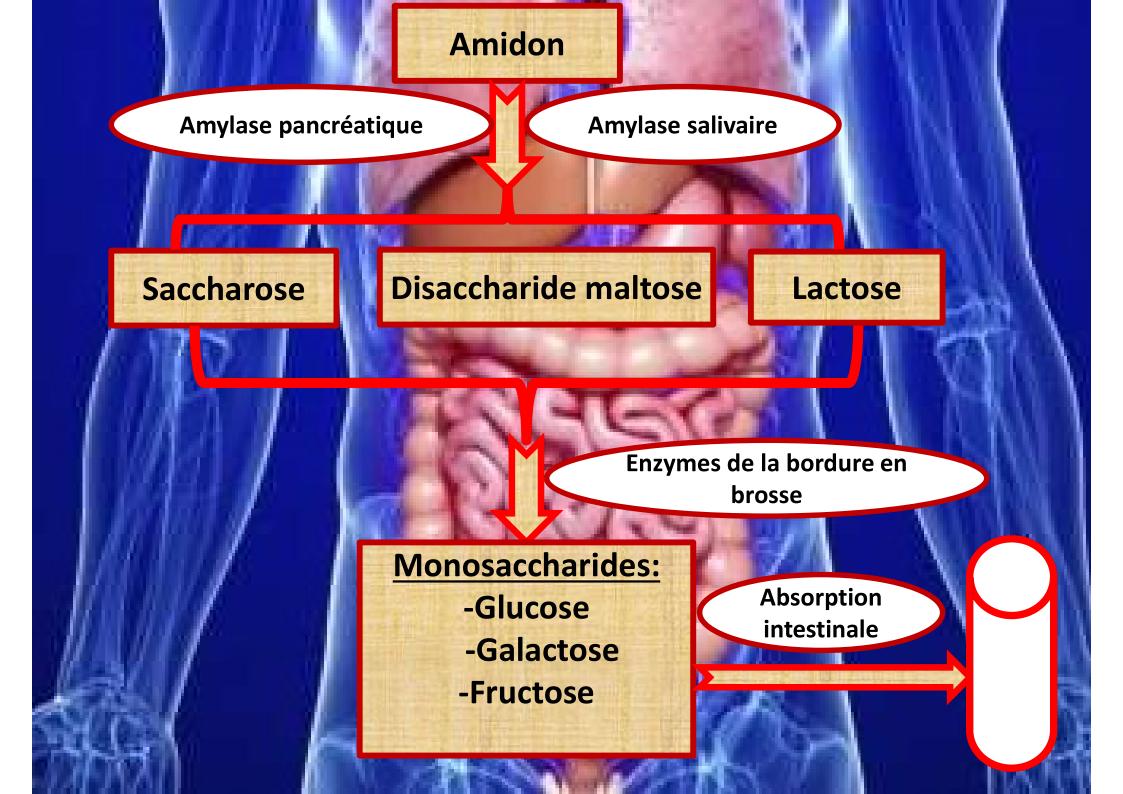
Action des disaccharidases de la bordure en brosse des entérocytes : (saccharase isomaltose +++) : hydrolyse en glucose et fructose. Absorption et diffusion passive intercellulaire et intracellulaire. La régulation fine de l'absorption des glucides se fait grâce à des protéines de transport dans la membrane plasmique.

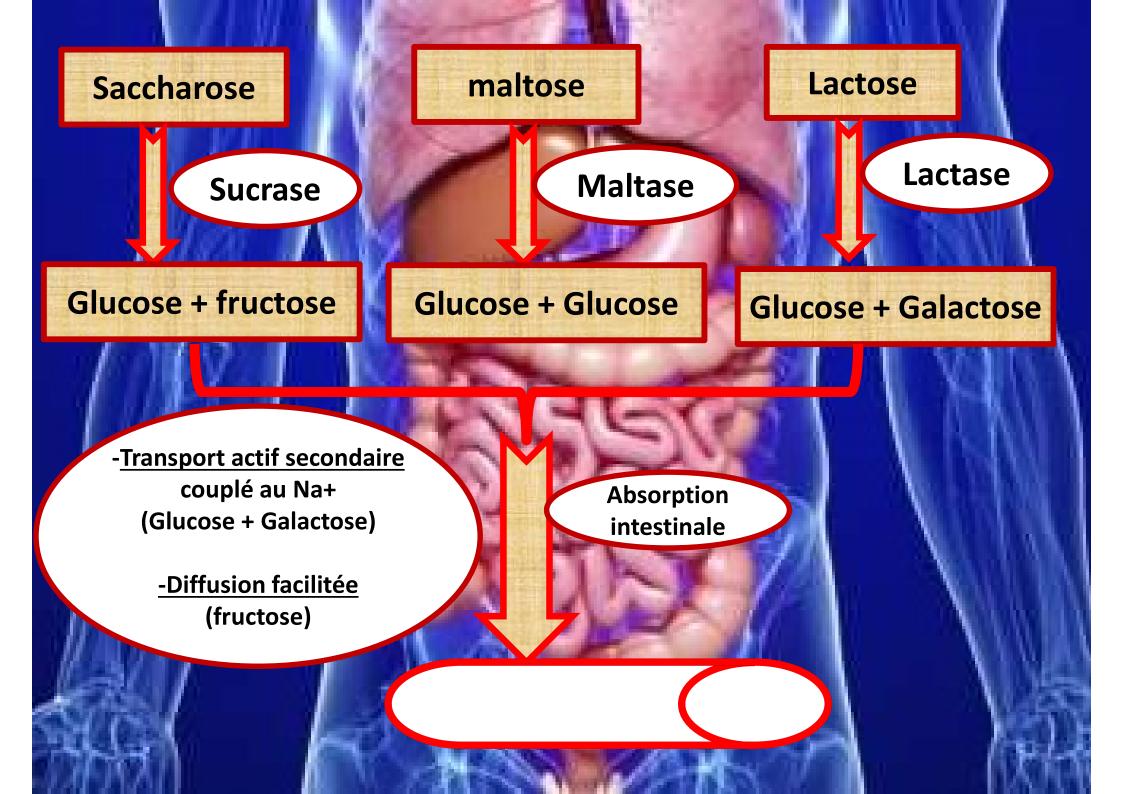
# II-1) Digestion des aliments

A) Digestion des hydrates de carbone



250 à 800 g/j





#### Amidon

α-amylase: (30 %)

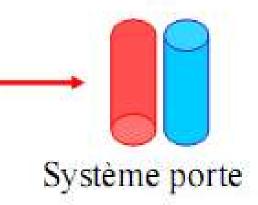
Amy lase pancréatique: (70%)

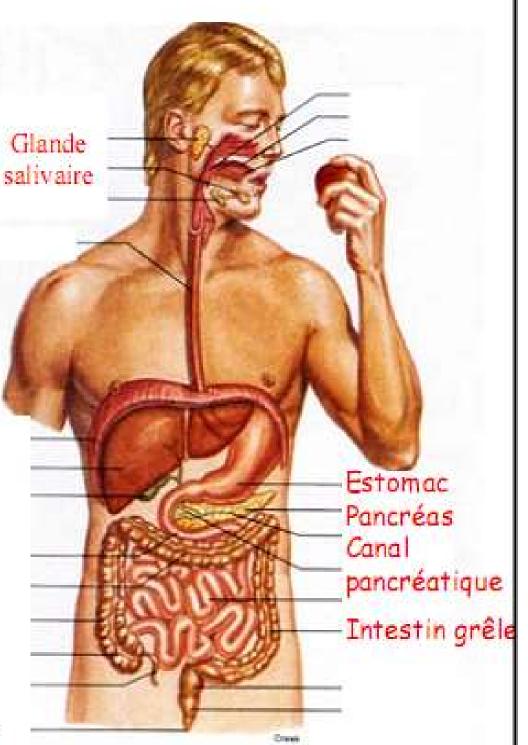
Polymères du glucose

Lactase Sucrase Maltase

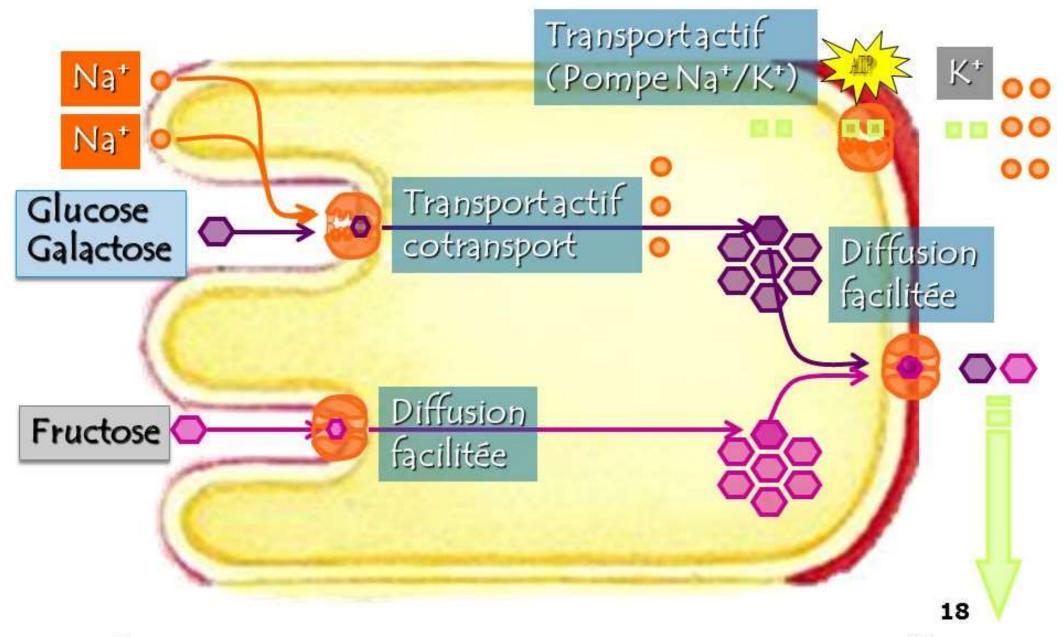
entérocyte

Glucose (80 %) Galactose Fructose





# **ABSORPTION** ~ GLUCIDES



LUMIÈRE INTESTINALE

SANG

#### **2-ABSORPTION DES PROTEINES**

#### Origine:

-Exogène : 70 à 100 g par jour

-Endogène : enzymes et glycoprotéines salivaires gastriques, pancréatiques et intestinaux (35g/j) et biliaires (10g/j).

#### **Digestion intraluminale**

Digestion incomplète par l'action des enzymes gastriques (pepsine) et pancréatiques (trypsine, chymotrypsine, peptidases) : production d'acides aminés et des peptides de taille variables.

#### **Digestion entérocytaire**

Au niveau de la bordure en brosse de l'entérocytes des peptidases.

Clive en acides aminés et di-tri-peptides absorbés à travers la membrane.

#### Absorption intestinale des acides aminés

Au niveau de l'intestin proximal

Système de transport actif secondaire (gradient électrochimique de Na)

Système de transport : diffusion facilitée.

#### Absorption intestinale des peptides

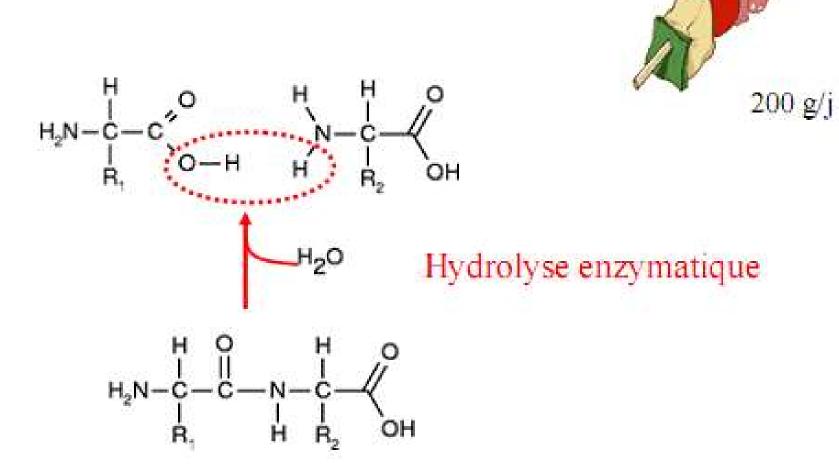
Pour les di et tripeptides : système spécifique co transport H+- peptide Le gradient H+ dépend de l'activité Na – K ATPase.

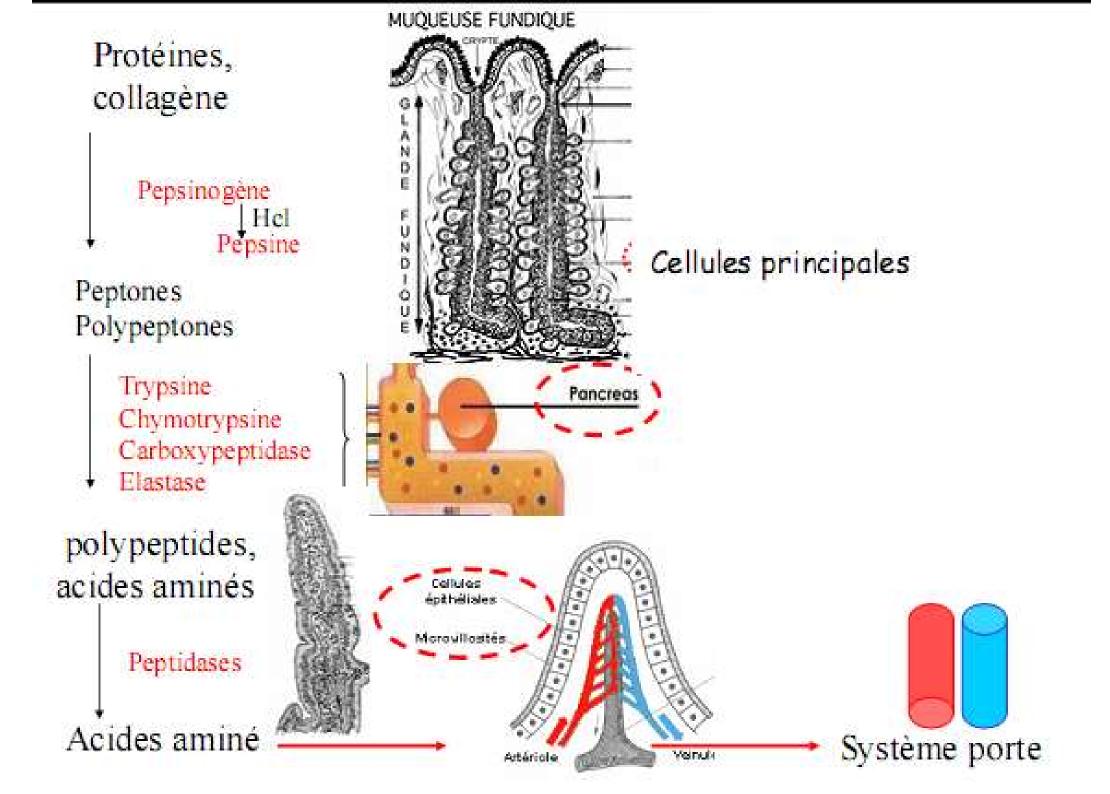
#### Devenir intracellulaire des peptides et acides aminés

Pôle baso latéral de l'entérocyte vers le sang portal.

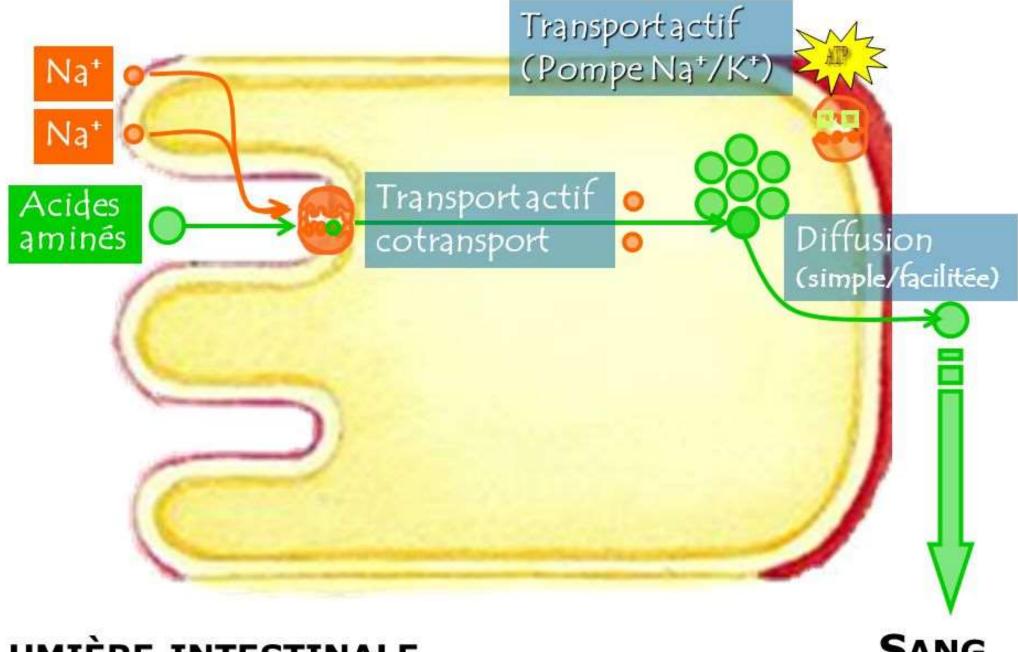
# II-1) Digestion des aliments

## B) Digestion des protéines





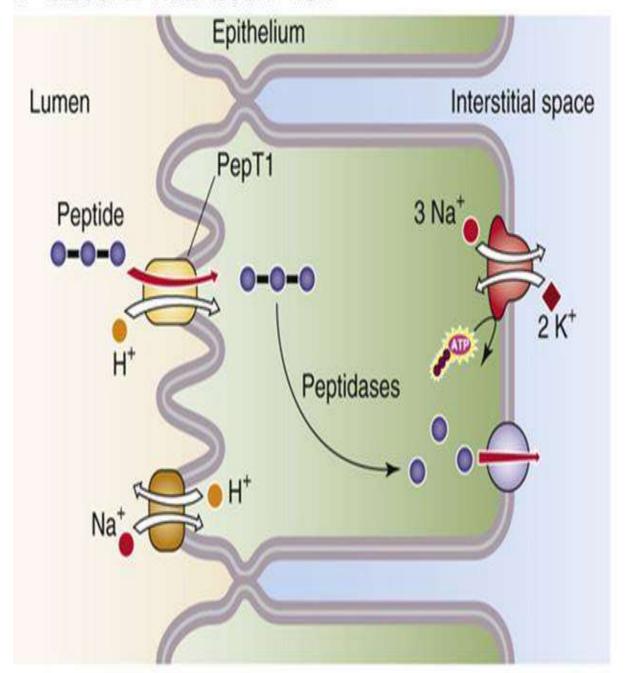
# **ABSORPTION** ~ PROTÉINES



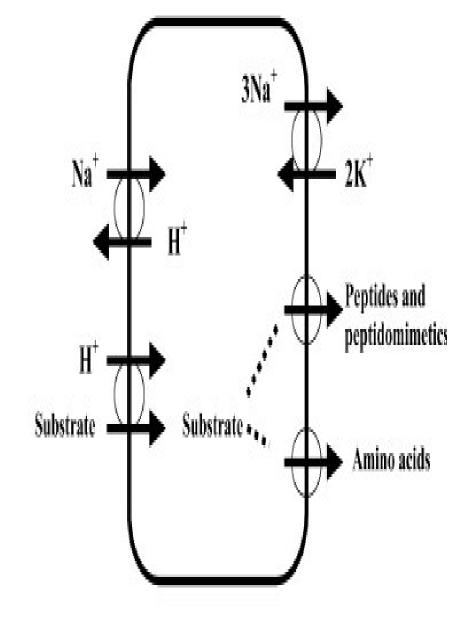
LUMIÈRE INTESTINALE

SANG

#### A OLIGOPEPTIDE ABSORPTION



# Transcellular peptide transport



Lumen Enterocyte

Blood

#### 3-ABSORPTION DES LIPIDES

### <u>Origine</u>

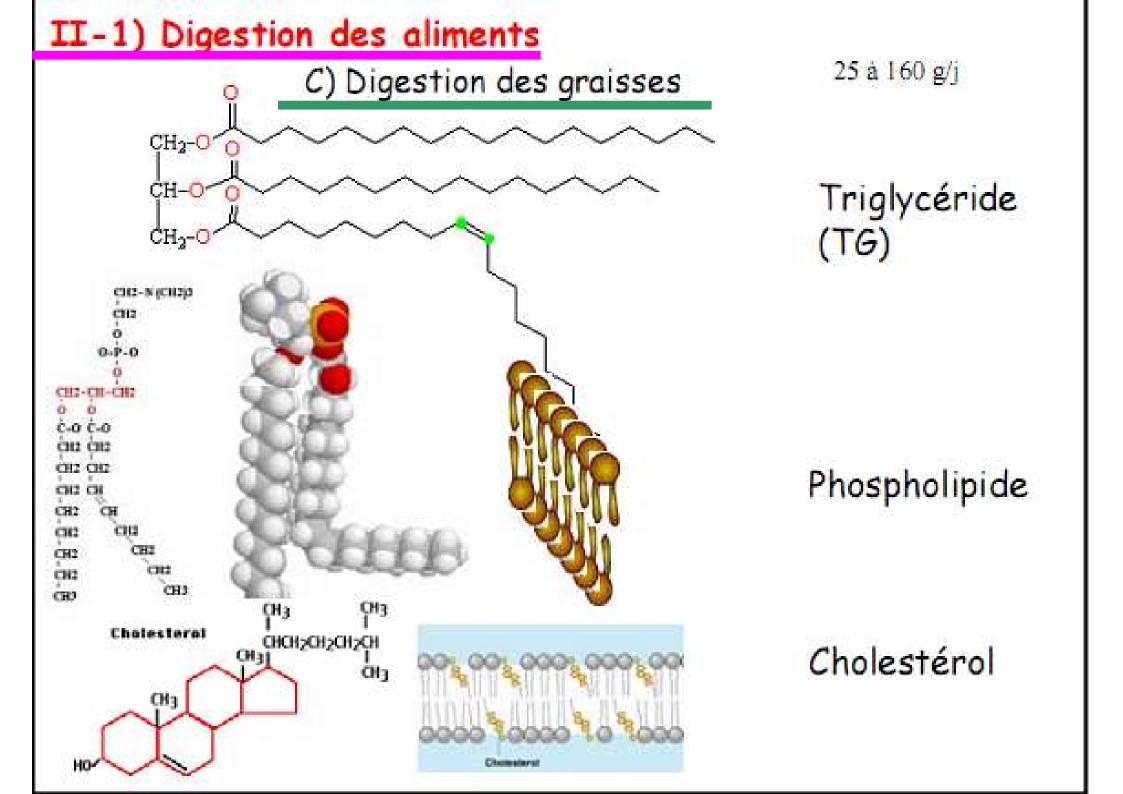
60 à 150 g par jour de lipides constitués de triglycérides (80%), de phospholipides et de cholestérol.

#### **Digestion intraluminale**

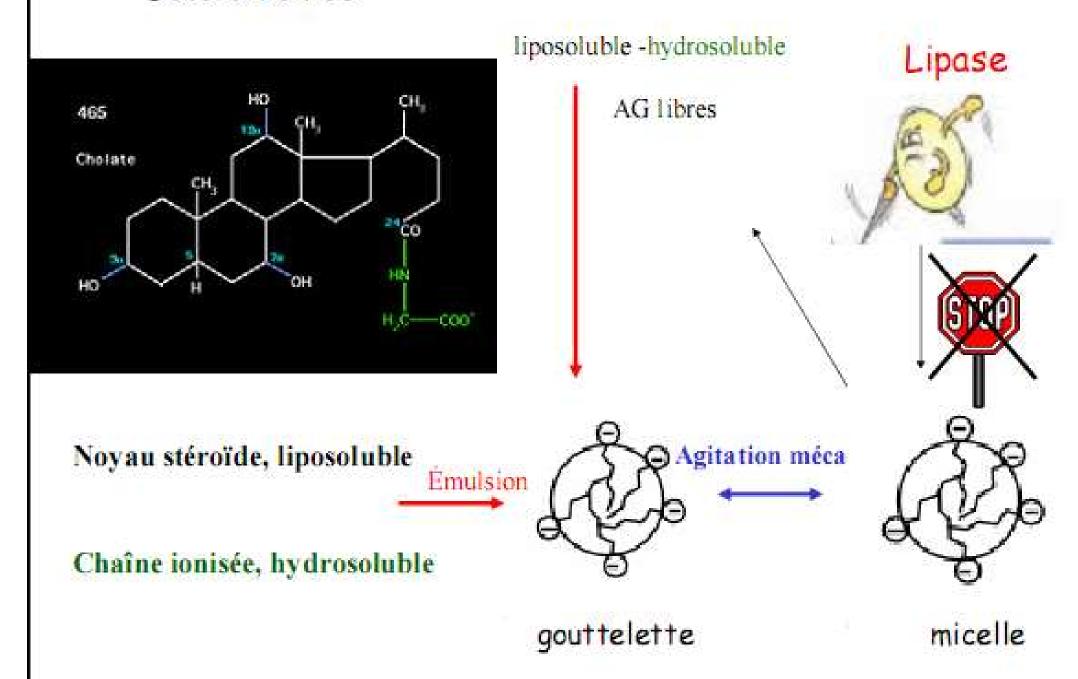
- 1. Dans l'estomac, les triglycérides sont soumis à l'action de la lipase Gastrique (active en milieu acide) et dégradé en diacylglycérol et acides gras.
- 2. Dans l'intestin, les triglycérides (micelles) sont soumis à l'action de la lipase pancréatique facilitée par la co-lipase, dégradés en monoacylglycérol et acides gras.
- 3. La digestion des phospholipides est uniquement intestinale après formation de micelles et action de la phospholipase A2 pancréatique
- 4. Les esters de cholestérol sont hydrolysés par la cholestérol estérase pancréatique.

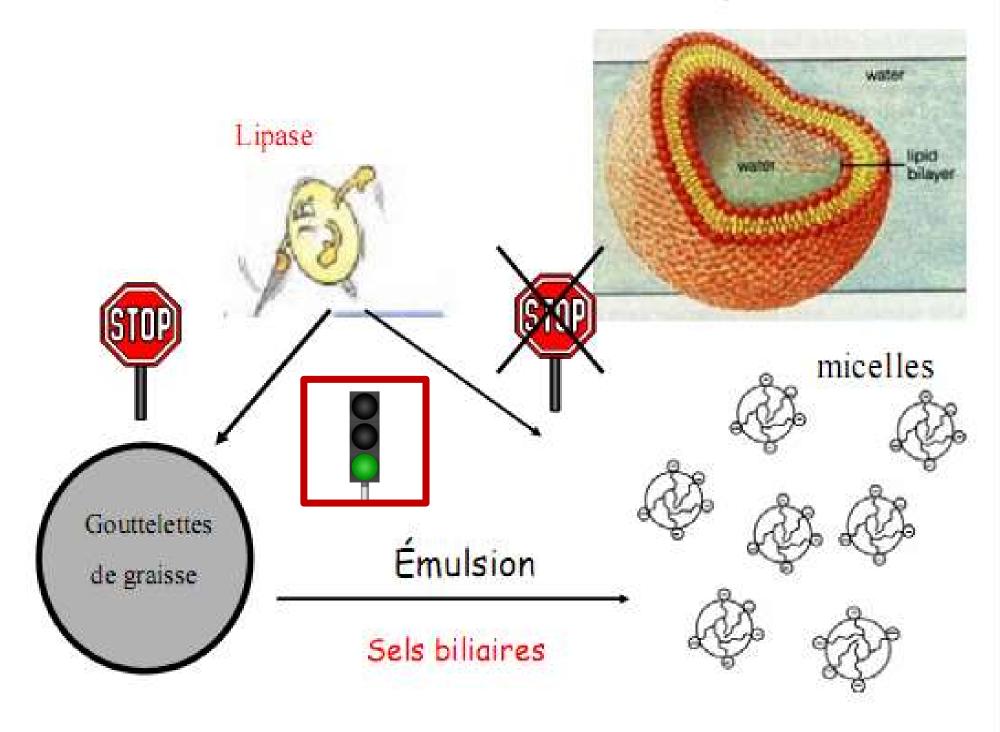
#### Absorption et transformation entérocytaire

Diffusion passive des acides gras et des monoacylglycérrols Transport membranaire spécifique pour le cholestérol Transformation en triglycérides et assemblage en lipoprotéines (chylomicrons et VLDL).



### Sels biliaires





#### Graisse

Bile Agitation

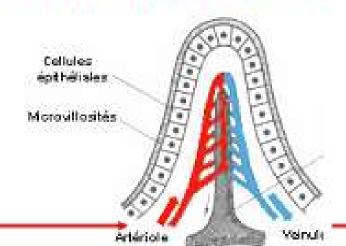
Cycle entéro-hépatique

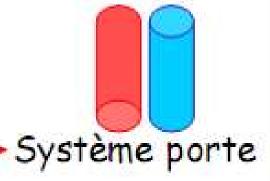
Graisse émulsifiée

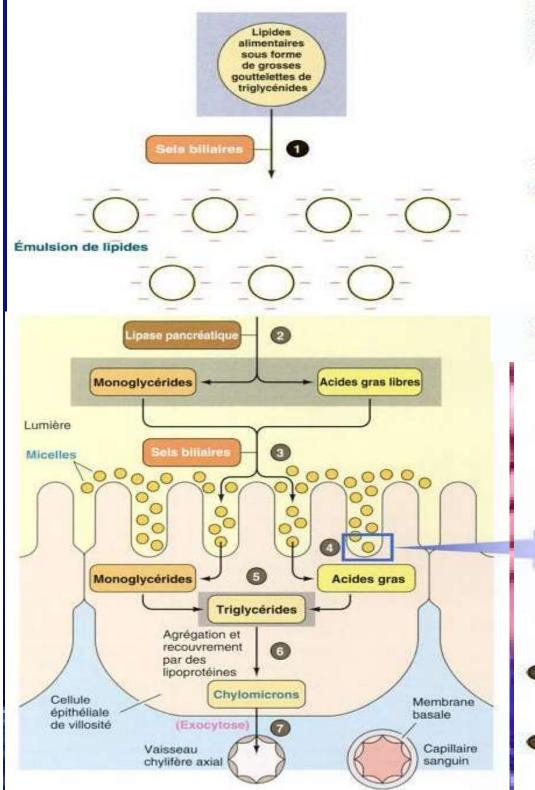
Lipase pancréatique (TG)
Pospholipase pancréatique (phospholipide)

Acides gras,

monoglycéride

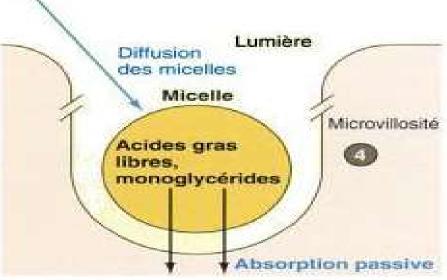






Les lipides, qui ne sont pas solubles dans l'eau, subissent une série de transformations pour pouvoir être digérés et absorbés.

- Les lipides alimentaires sous la forme de grosses gouttelettes de graisses sont émulsifiés par l'action détergente des sels biliaires en une suspension de gouttelettes de graisses plus petites. L'émulsion s'oppose à la coalescence des gouttelettes de graisses et augmente la surface exposée à l'attaque de la lipase pancréatique.
- La lipase hydrolyse les triglycérides en acides gras libres et monoglycérides.
- Ces substances insolubles dans l'eau sont transportées dans des micelles hydrosolubles constituées de sels biliaires et d'autres constituants de la bile vers la surface luminale des cellules épithéliales de l'intestin grêle.
- Quand une micelle se rapproche de la surface absorbante de l'épithélium, les monoglycérides et les acides gras diffusent passivement au travers de la bicouche lipidique de la membrane luminale des cellules.
- Dans les cellules épithéliailes, il y a resynthèse de triglycérides à partir des acides gras libres et des monoglycérides.



- Ces triglycérides s'agrègent et sont enveloppés dans une couche de lipoprotéines formant ainsi des chylomicrons hydrosolubles qui sortent par exocytose par la membrane basolatérale des cellules.
- Les chylomicrons ne peuvent pas franchir la membrane basale des capillaires sanguins et, au lieu de cela, entrent dans les capillaires lymphatiques.

#### 4-ABSORPTION DES VITAMINES VITAMINES LIPOSOLUBLES A D E K

L'absorption des vitamines liposolubles est en relation très étroite avec celle des graisses et des esters de cholestérol.

#### **VITAMINES HYDROSOLUBLES**

- 1. Vitamine C absorbée par un symport NA vit C
- 2. Vitamine B1 B2 B6 avec les protéines
- 3. Vitamine B12 : indispensable à l'érythropoïèse +++
- Source : protéines de la viande et du lait.
- -Hydrolyse sous l'action de la pepsine et de l'acidité gastrique.
- -Liaison au facteur R (haptocorrine) en milieu acide puis libération de la vitamine B12 grâce aux enzymes pancréatiques.
- -En milieu neutre dans le duodénum : liaison au facteur intrinsèque (synthétisé par les cellules pariétales gastriques).
- Complexe FI Vit B12 absorbé au niveau de l'iléon par un récepteur spécifique.
- Pathologie : déficit en F1 gastrite atrophie anémie de Biermer malabsorption iléale, pullulation bactérienne (consommation de B12), « grêle court)

#### 5- ABSORPTION DU FER

Seule porte d'entrée : intestin.

Perte obligatoire de 1 mg/g donc besoin de 1 mg/j.

Sous forme de Fe+++ (ferrique) Fe++ (ferreux) plus soluble et en présence de vit C et acide et sous forme Fe – Hème dont absorption plus efficace.

L'absorption se fait au niveau du duodénum par 2 mécanismes différents :

- 1. récepteurs spécifiques pour Fe non lié à hème ; fixation à la ferritine (stockage) ; expression de récepteurs à la tranferrine sur la membrane basale qui favorisent la sortie du fer.
- 2. pour Fe –hème : traversée de la bordure en brosse ; action de l'hème oxygénase ; le fer se fixe à la ferritine.



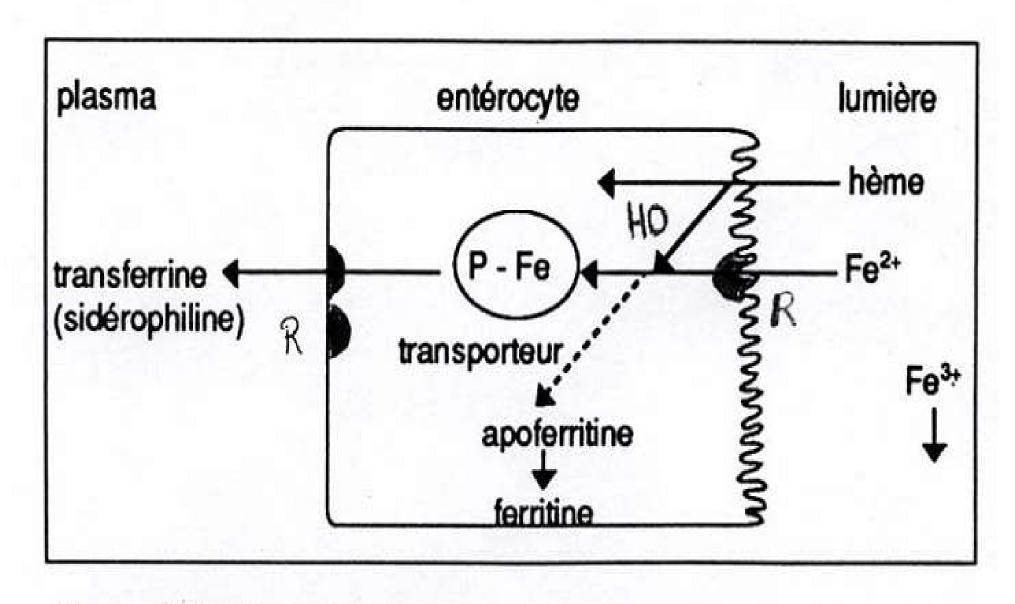


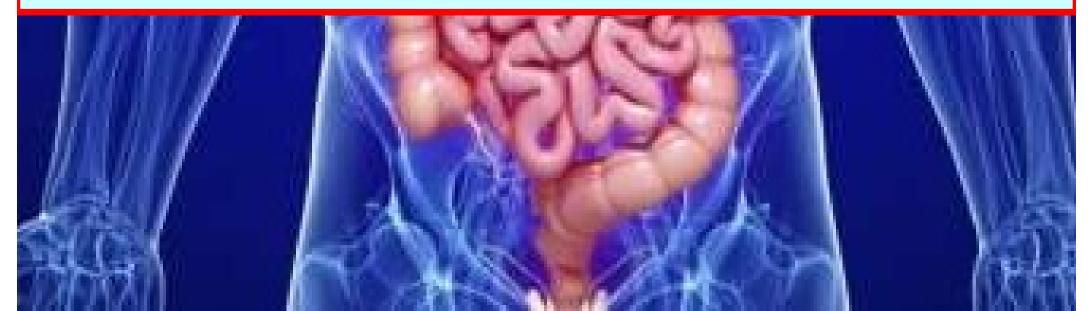
Figure 6.27 Absorption intestinale du fer

# Sécrétion biliaire

### **Composition**

La bile est une solution aqueuse contenant plusieurs solutés dont :

- -Sels biliaires
- -Phospholipides
- -Cholestérol
- -Bilirubine
- -HCO3-
- -Autres électrolytes



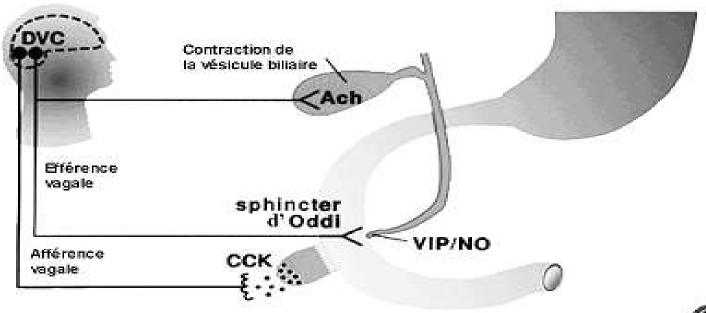
#### Régulation des sécrétions biliaires

La présence de lipides partiellement digérés provoque la libération de CCK par les cellules duodénales. La CCK déclenche alors un influx dans les fibres vagales afférentes jusqu'au complexe dorso-vagal où ces influx sont intégrés. La réponse nerveuse créée provoque la contraction de la vésicule biliaire

et le relâchement du sphincter d'Oddi, laissant ainsi la bile s'écouler dans le duodénum.

Figure 14

La CCK stimule la contraction de la vésicule biliaire et la relaxation du sphincter d'Oddi via les voies neurocrine et humorale





Les sels biliaires, tout comme les phospholipides, sont dotés d'un pôle hydrophobe (lipophile) et d'un pôle hydrophile. Ces molécules présentes dans la bile s'alignent autour des acides gras libres et du cholestérol pour former une membrane dont les faces interne et externe présentent des caractéristiques différentes du point de vue solubilité. En effet, le côté externe de la membrane est composé des pôles hydrophiles des sels biliaires et des phospholipides, alors que la face interne est constituée des pôles lipophiles. Ce transporteur de lipides est appelé micelle. La tension superficielle des micelles étant très basse, ceci explique pourquoi elles sont facilement fragmentées en plus petites particules par les mouvements intestinaux. Ces micelles conduisent les lipides vers la bordure intestinale en brosse où les lipides seront absorbés.



#### IV. La vésicule biliaire

#### Rôle des sels biliaires

- Molécule amphiphile:
  - o solubilisation des lipides
  - o facilité l'action de la lipase
  - o absorption des lipides

