

Physiologie du système digestif

- **Digestion d'un repas**
- **Biochimie de la digestion**

Dr Thierry BRUN, PhD

Département de Physiologie Cellulaire et Métabolisme

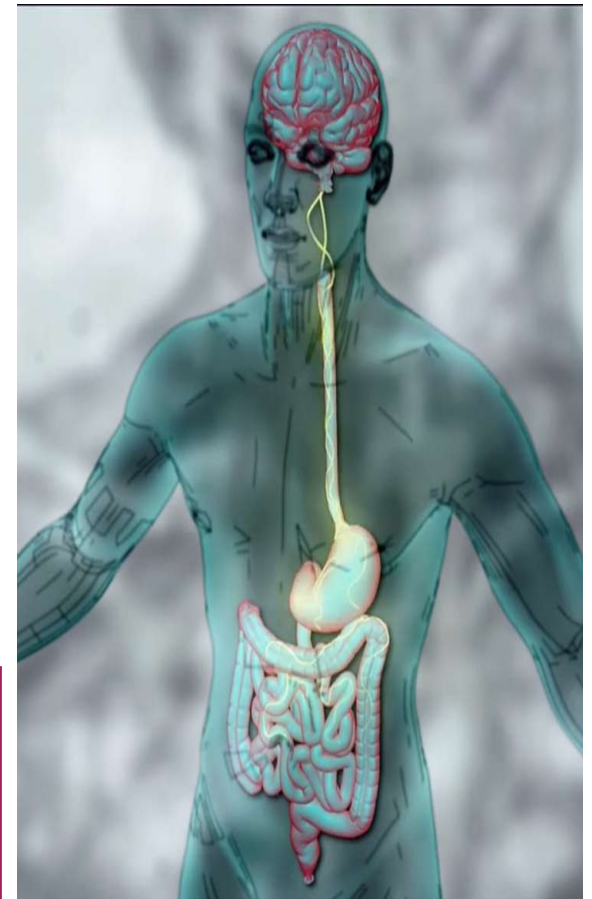
Thierry.brun@unige.ch

27 janvier 2026

FACULTÉ DE MÉDECINE



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



Plan du cours (I)

Dans la première partie du cours, nous traitons de **la digestion d'un repas** en abordant les thèmes suivants:

- **Fonctions principales des organes** impliqués dans la digestion
- La bouche et **la salive**
- L'estomac et **les sécrétions gastriques**
- Le pancréas exocrine et **les sécrétions pancréatiques**
- Le foie, la vésicule biliaire et **la bile**
- L'intestin grêle et principales **hormones gastro-intestinales**

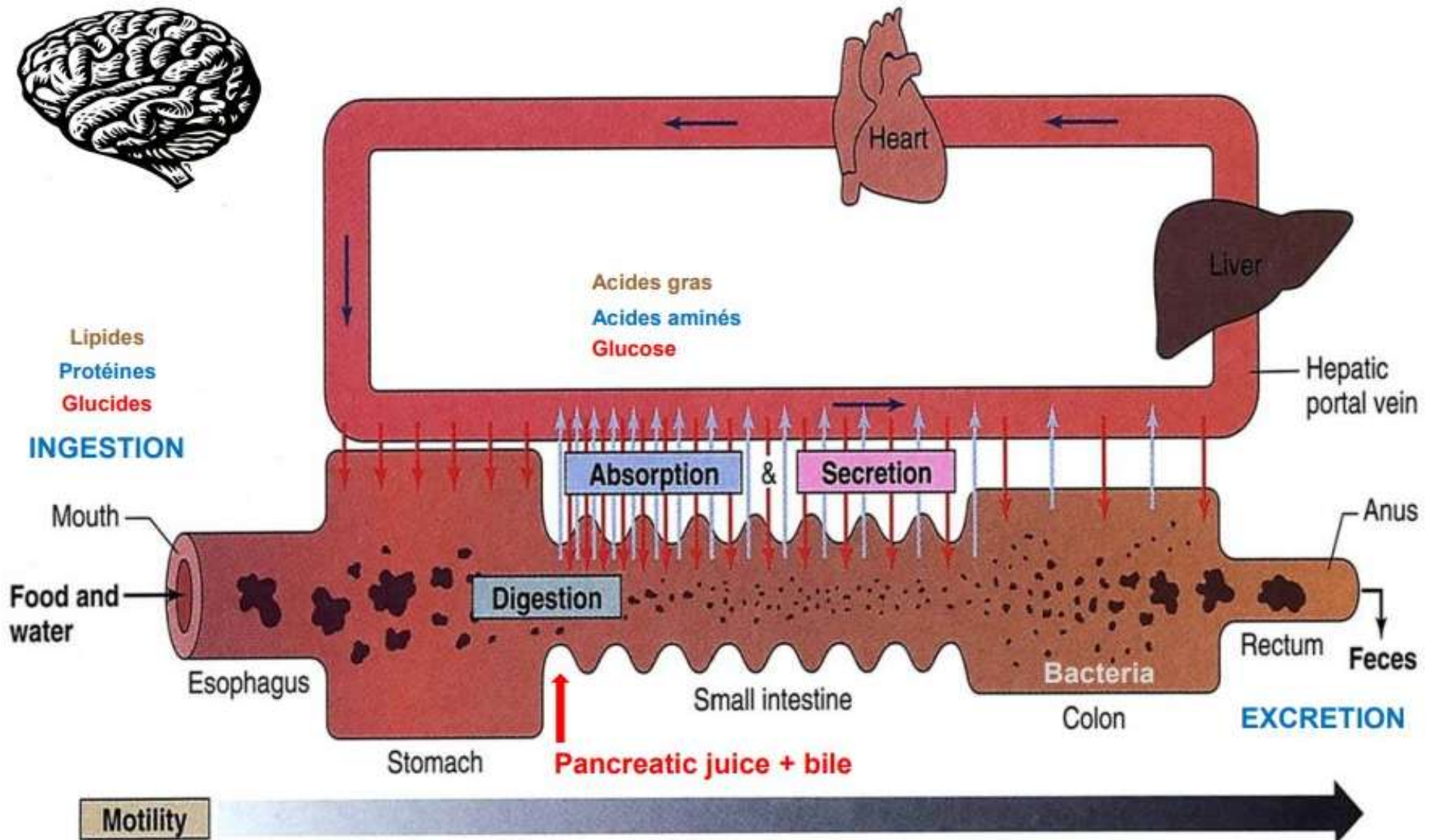
Objectifs d'apprentissage (I)

Au terme de ce cours, l'étudiant devrait être capable d'expliquer et mettre en relation les connaissances suivantes:

- les fonctions sécrétoires et d'absorption de **l'estomac**, du **foie**, du **pancréas exocrine** et de **l'intestin grêle**

Fonctions principales du système digestif

(cours du Prof. C. Dibner)

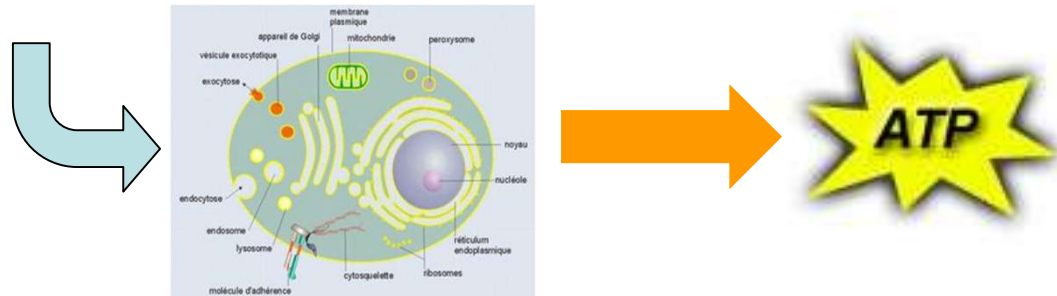




Digestion d'un repas

Principaux composants d'un repas normal
Macronutriments:

- **Glucides**
 - 50-55% de l'apport énergétique total
- **Lipides**
 - 30-35% de l'apport énergétique total
- **Protéines**
 - ~20% (~ 0.8 g/kg poids corporel)

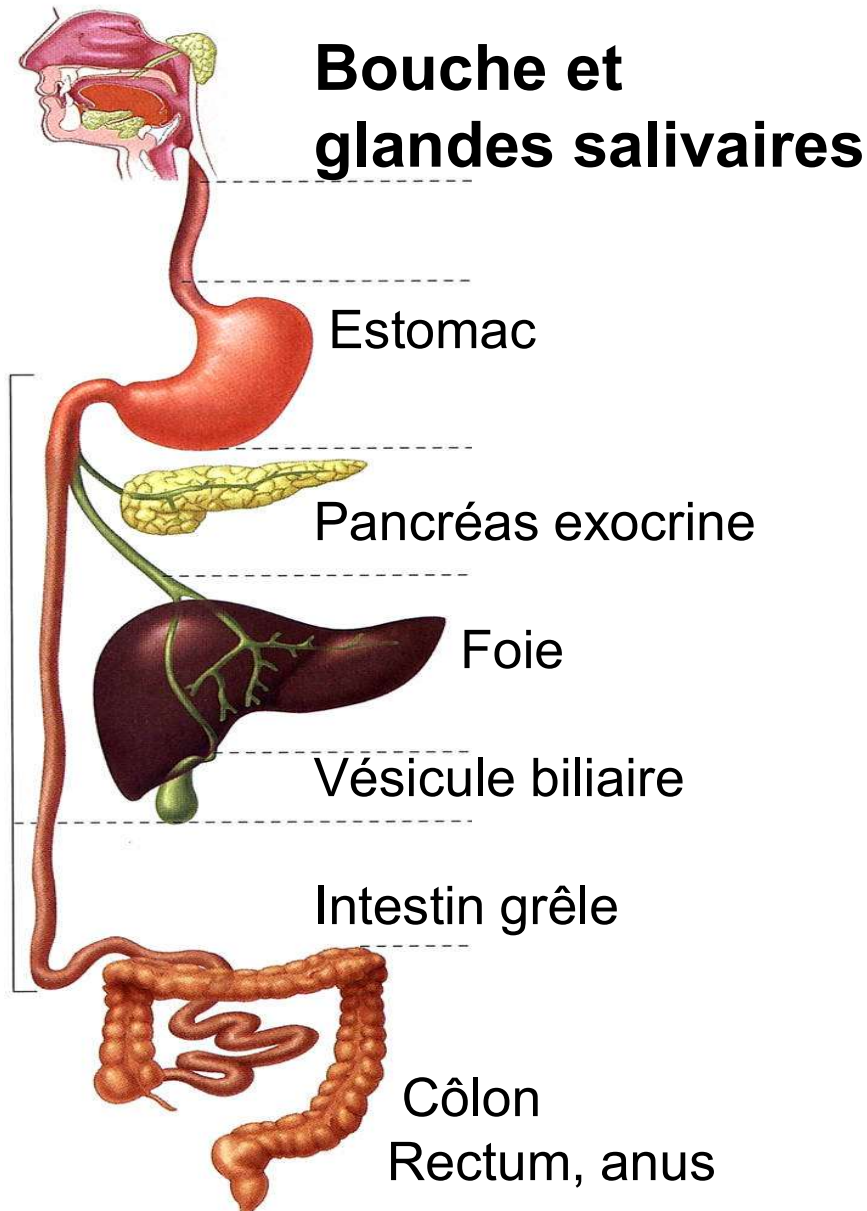


- **Eau**

Micronutriments:

- **Sels minéraux (Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca⁺⁺, ...)**
- **métaux (Mn⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, ...)**
- **Vitamines liposolubles et hydrosolubles**

Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Ingestion

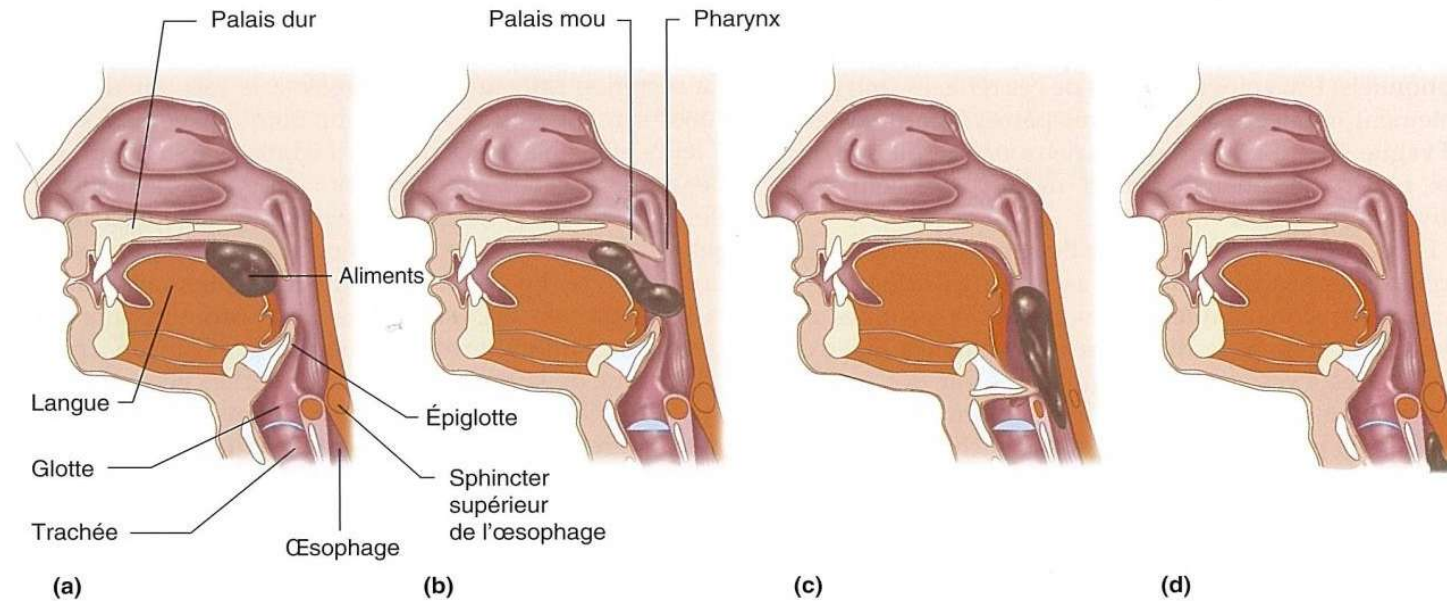
Digestion mécanique

(mastication)

Digestion chimique

(amidon, 1.5 l de salive produite et sécrétée par jour)

Ingestion, digestion mécanique et chimique



La **mastication** est la première fonction mécanique du tube digestif, réalisée par des muscles squelettiques. Il s'agit d'un **automatisme moteur inné** avec des mouvements volontaires et réflexes.

Autres **automatismes moteur inné**:

- la **déglutition**
- le **vomissement**
- la **défécation**, soit l'élimination des résidus non digestibles sous forme de fèces



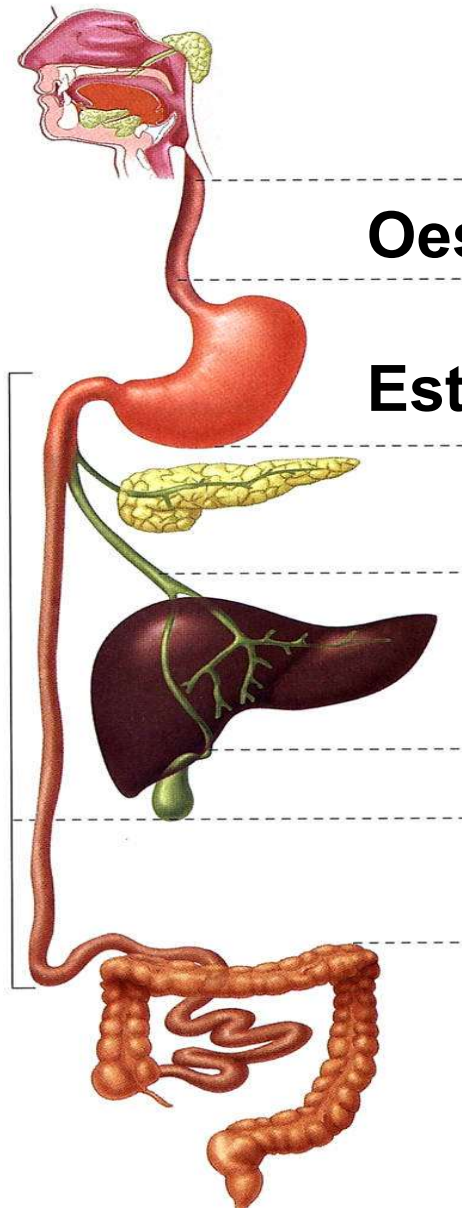
La salive

- Produite par les glandes salivaires mineurs (en continue) et majeures (parotides, sous-maxiliaires et sublinguales, sous stimulation
- 1.5 l de salive produite et sécrétée par jour, avalée et réabsorbée
- Sécrétion stimulée par la présence de nourriture
- Pas de régulation hormonale
- Régulation par le Système Nerveux Autonome :
Activation du système nerveux parasympathique → grand volume de salive fluide + amylase (*la vue de nourriture fait saliver*)
Activation du système sympathique → salive visqueuse, riche en mucus. (*en cas de stress, on a la bouche sèche*)

Composition de la salive

Eau, ions	Dissolution des molécules du bol alimentaire qui réagissent avec les chémorécepteurs → goût (sucré, salé, ..)
Mucus	Lubrification (<i>glycoprotéines, mucopolysaccharides</i>)
Amylase	Début la digestion des polysaccharides (<i>amidon</i>)
HCO₃⁻	Importance du pH pour la protection de l'émail des dents
Lysozyme	Enzyme bactéricide

Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Oesophage

Transit du bol alimentaire

Estomac

Digestion mécanique

(brassage, segmentation) **et propulsion**
(péristaltisme)

Digestion chimique

(protéines, pepsine)

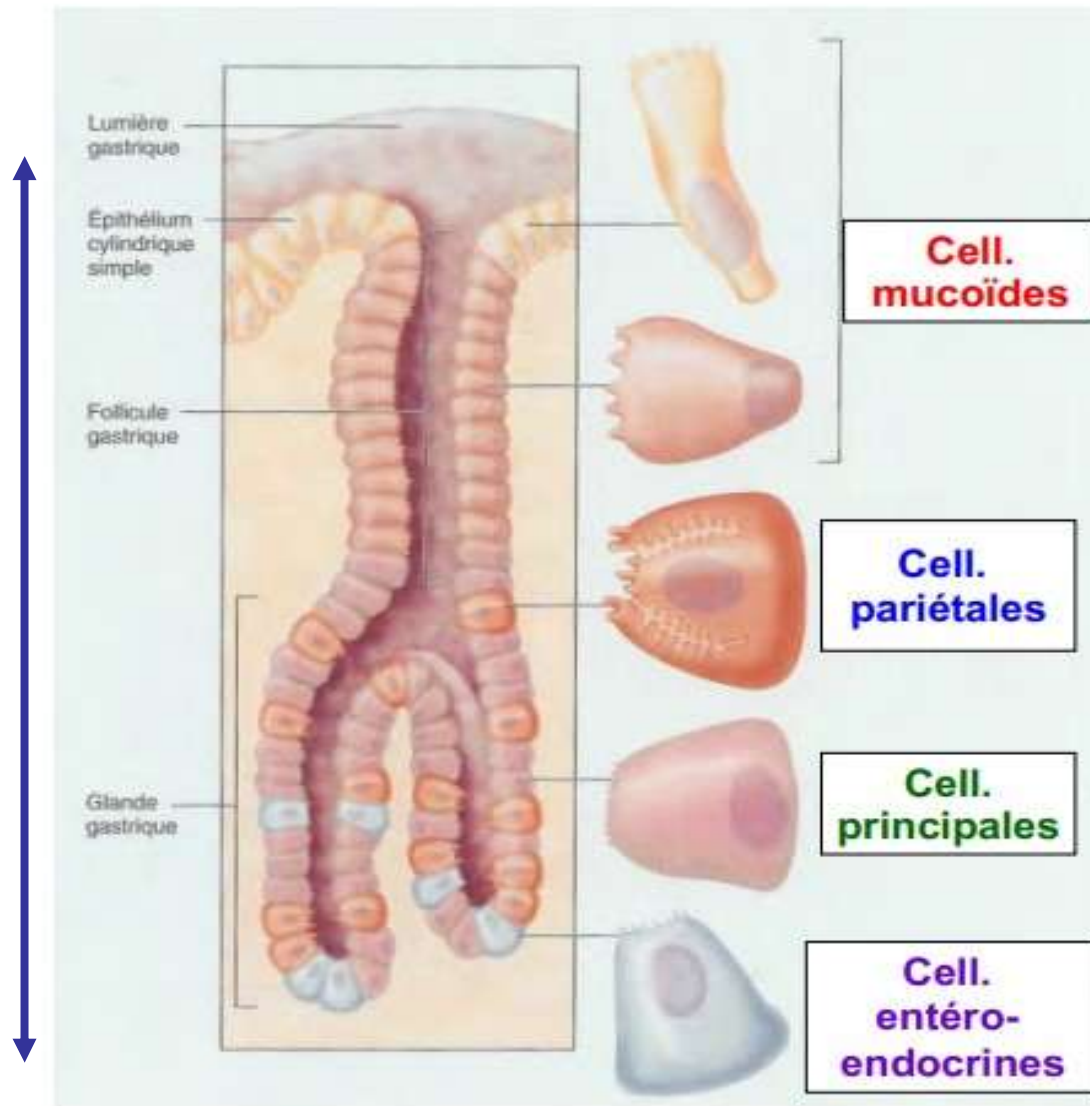
Absorption

(alcool, médicaments, ex. aspirine, AINS)

Production d'hormones (gastrine)

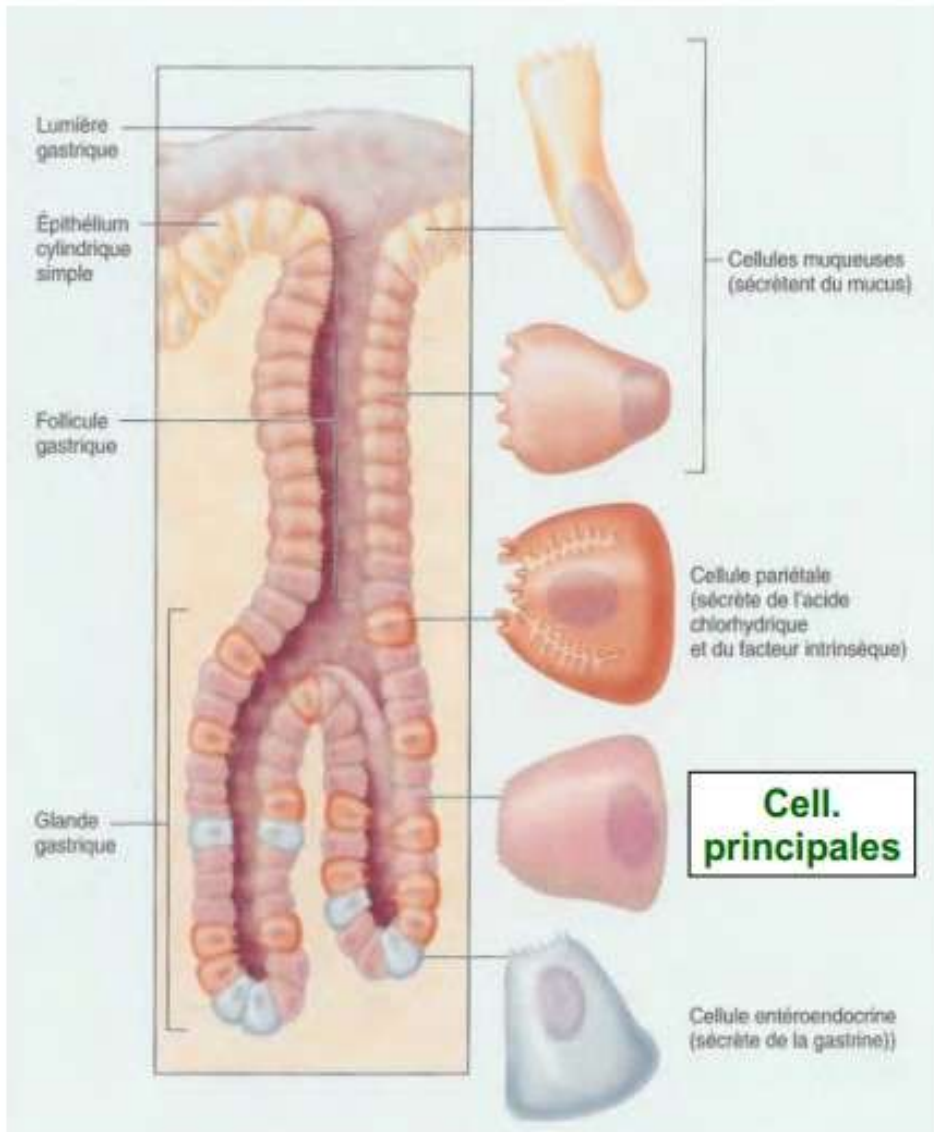
Types cellulaires présents dans l'épithélium de l'estomac et leurs sécrétions (cours Prof. C. Dibner)

**Muqueuse
gastrique**



+ Cellules souches impliquées dans le renouvellement de l'épithélium des glandes⁹

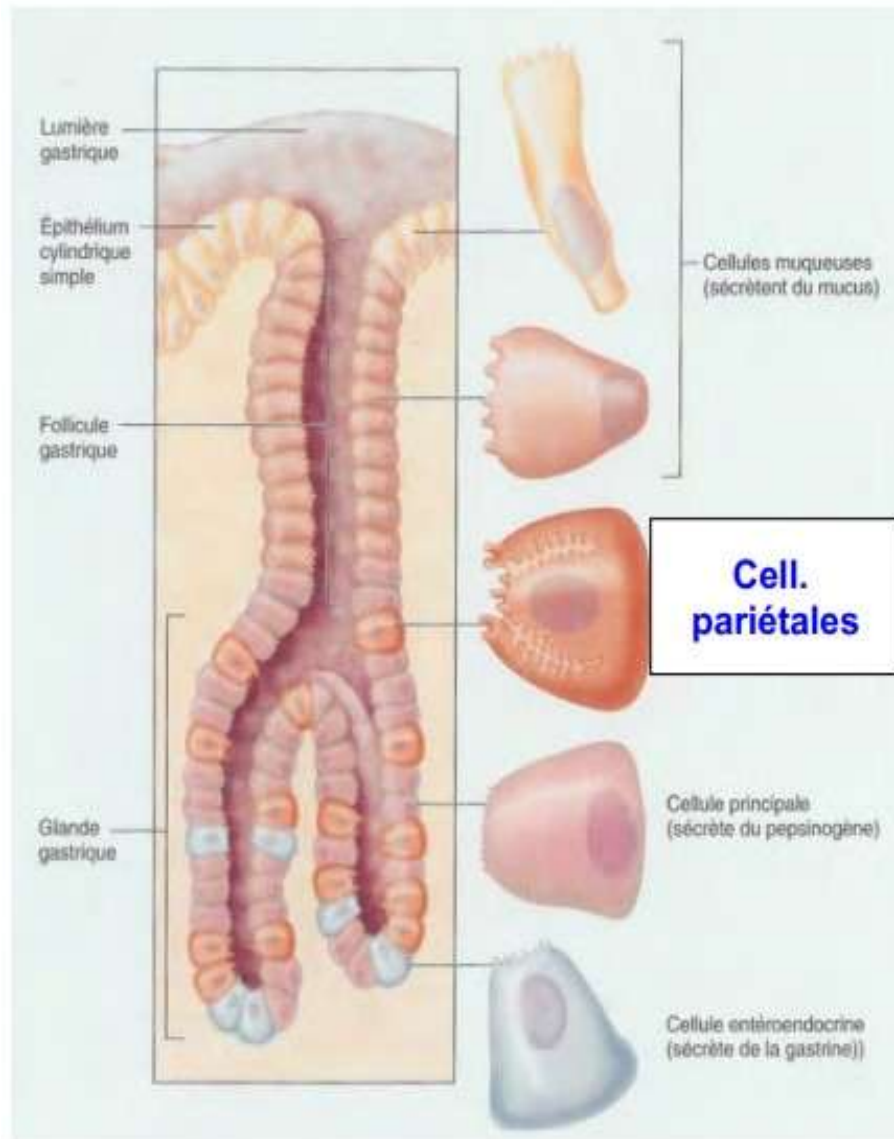
Sécrétions des cellules principales



Pepsinogènes

- Proenzymes inactives converties en pepsines; activité maximale à pH acide
- Digèrent jusqu'à 20% des protéines d'un repas

Sécrétions des cellules pariétales



HCl (~2l/j, 150 mM)

- Élimination des bactéries
- Solubilisation de certaines molécules

HCO₃⁻ (membrane basolatérale)

Facteur intrinsèque

- Protéine qui lie la vitamine B12 et permet son absorption dans l'iléon

Vitamine B12 (exogène) nécessaire à la formation des érythrocytes

Sans ce facteur intrinsèque, pas d'absorption de vitamine B12

Développement d'une anémie pernicieuse



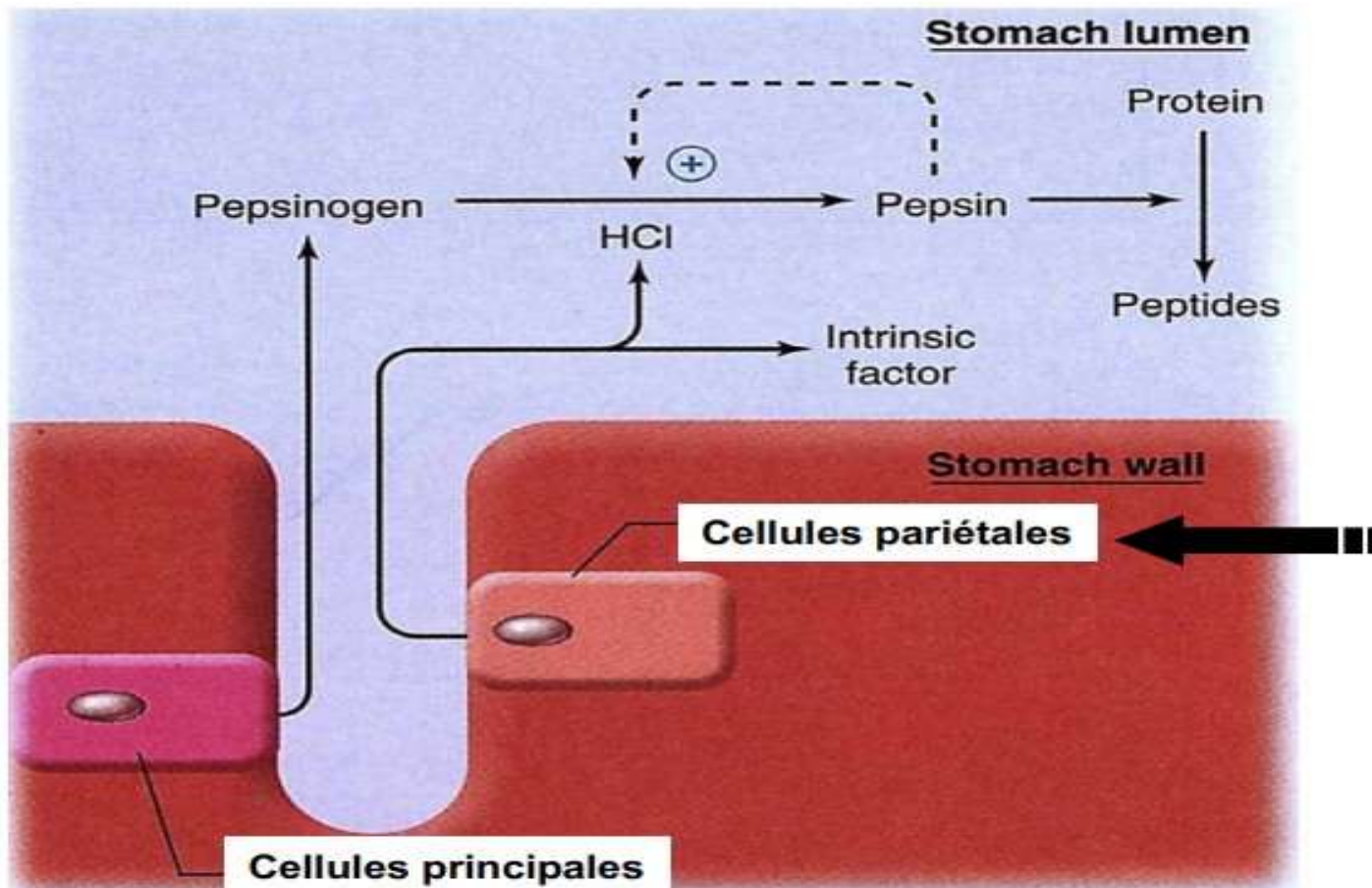
Interactions entre pepsinogène et HCl, permettant la digestion des protéines

Précurseur ➔ enzyme active

Activé par

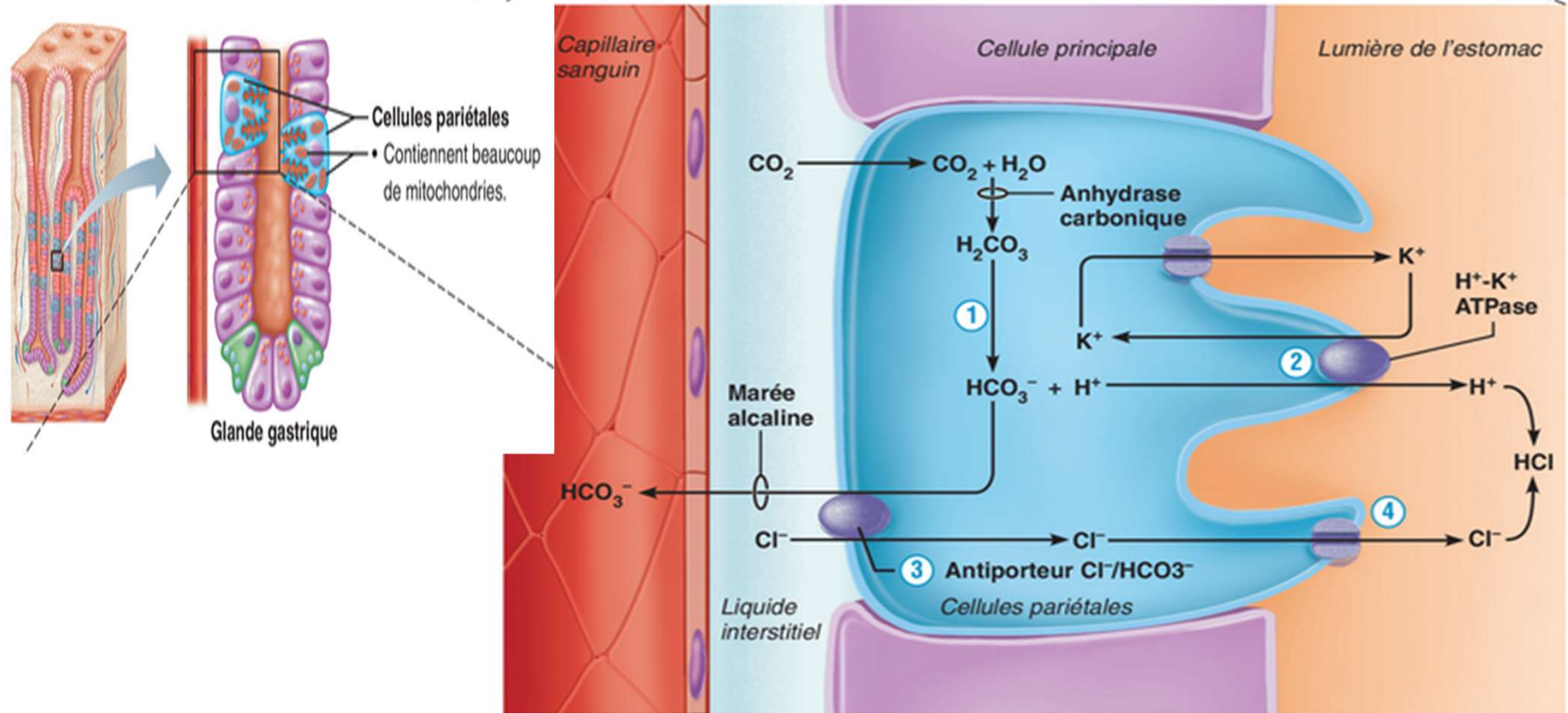
pepsinogène ➔ pepsine

HCl gastrique, pepsine



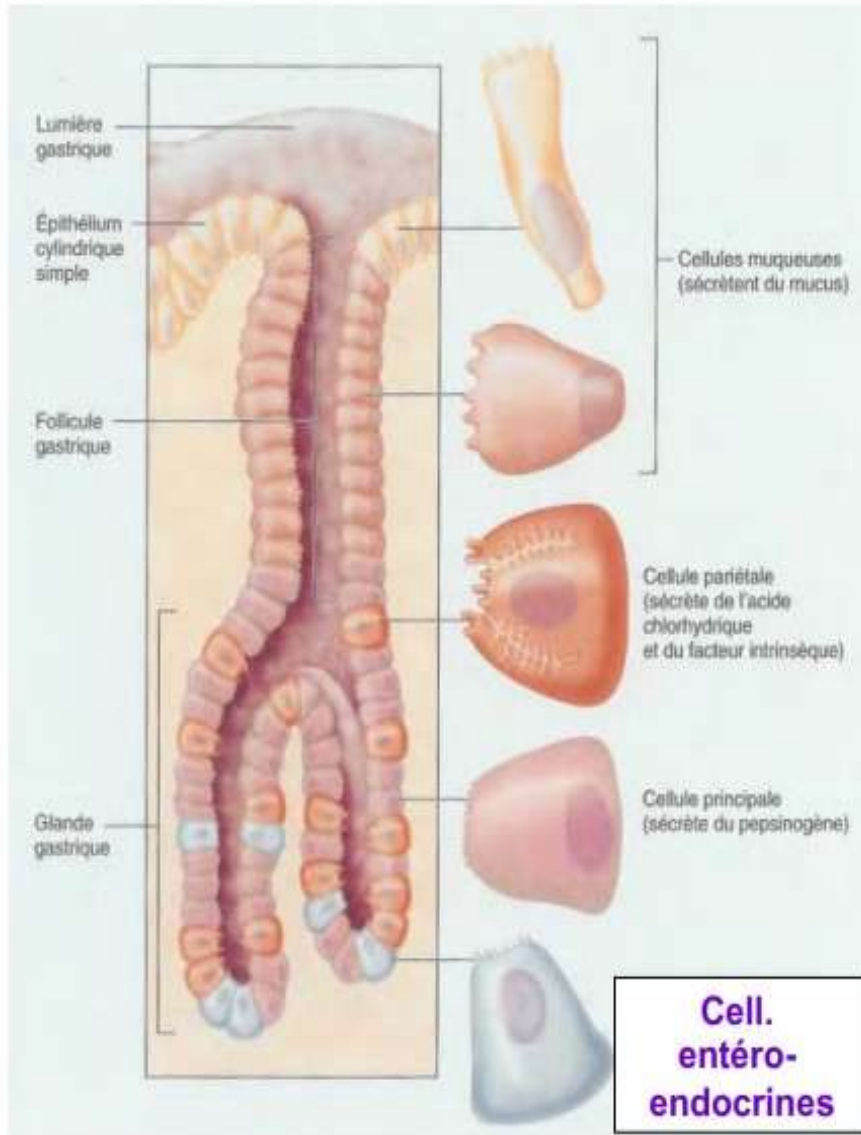


La production d'acide est due à l'activité d'une pompe à protons H^+/K^+ ATPase



- 1) L'anhydrase carbonique produit du H_2CO_3 qui se dissocie en H^+ et HCO_3^-
- 2) La H^+/K^+ ATPase pompe les ions H^+ hors de la cellule et des ions K^+ dans les cellules contre leur gradient électrochimique (besoin ATP)
- 3) L'excès de HCO_3^- sort du côté basolatéral, selon son gradient électrochimique via un contre transport Cl^-/HCO_3^- . Il rejoint les capillaires
- 4) Le Cl^- sort du côté apical par un canal chlore Cl^-
- 5) Le K^+ ressort de la cellule côté apical par un canal K^+ (perte de K^+ lors de vomissements)

Sécrétions des cellules entéroendocrines



- Nombreux types de cellules endocrines
- Surtout type G sécrétant de la **gastrine**
- La gastrine stimule la sécrétion d'HCl
- Type D sécrétant la **somatostatine**
- Type ECL (entérochromaffine) sécrétant de **l'histamine**



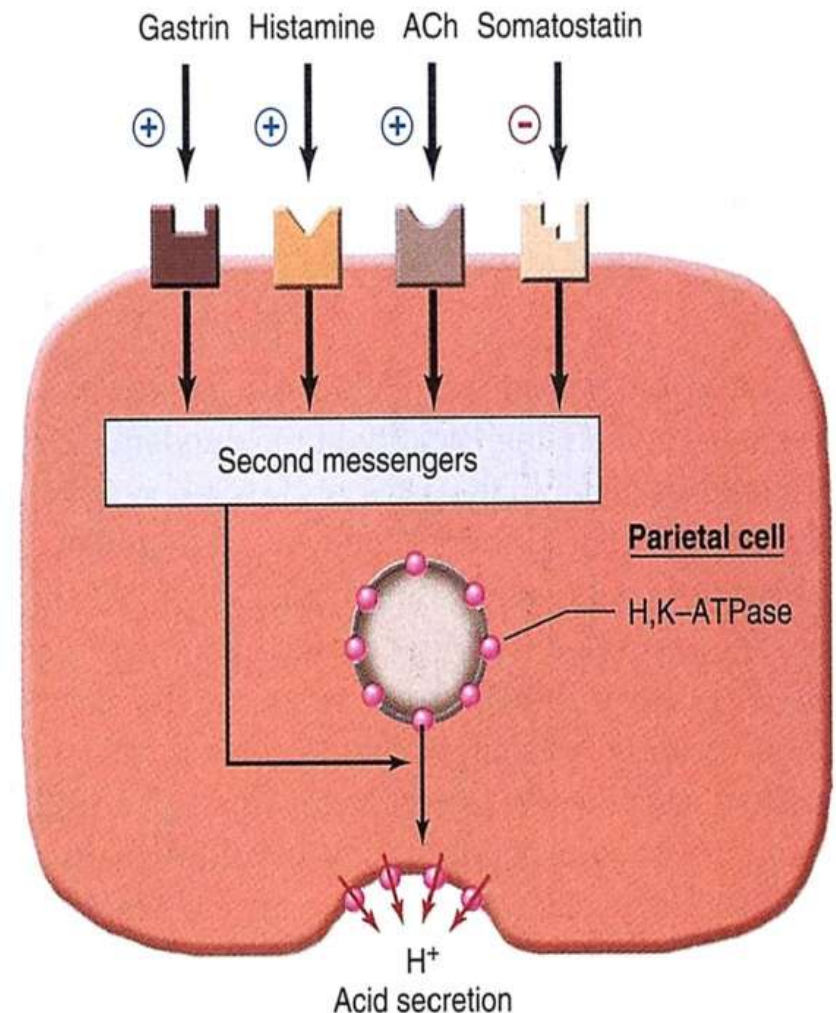
La production de HCl est régulée au cours d'un repas

La **fusion du système tubulo-vésiculaire** avec la membrane plasmique est augmentée:

- par l'**acétylcholine** (ACh, neurotransmetteur)
- par la **gastrine** et l'**histamine**
- et est diminuée par la **somatostatine**

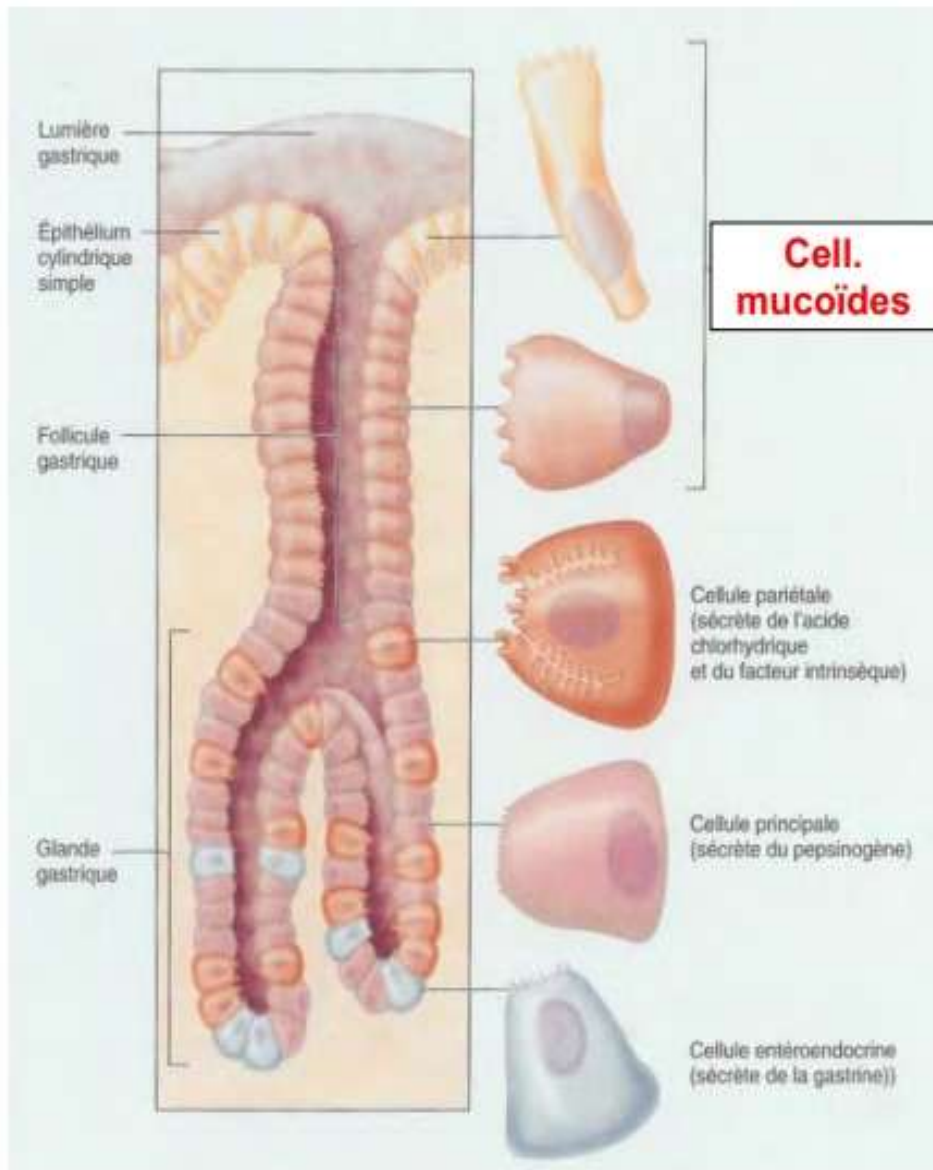
Possibilité d'agir:

- au niveau des récepteurs (antagonistes H₂, antagonistes ACh, vagotomie)
- **antiacides** (neutralisent l'acidité gastrique, ex: hydroxyde d'aluminium, carbonates de calcium)
- **directement sur la H⁺/K⁺ ATPase** (inhibiteurs de la pompe à protons)



Les mêmes stimuli augmentent ou diminuent **la production du facteur intrinsèque**, nécessaire à l'absorption intestinale de la vitamine B₁₂

Sécrétions des cellules mucoïdes



Mucus

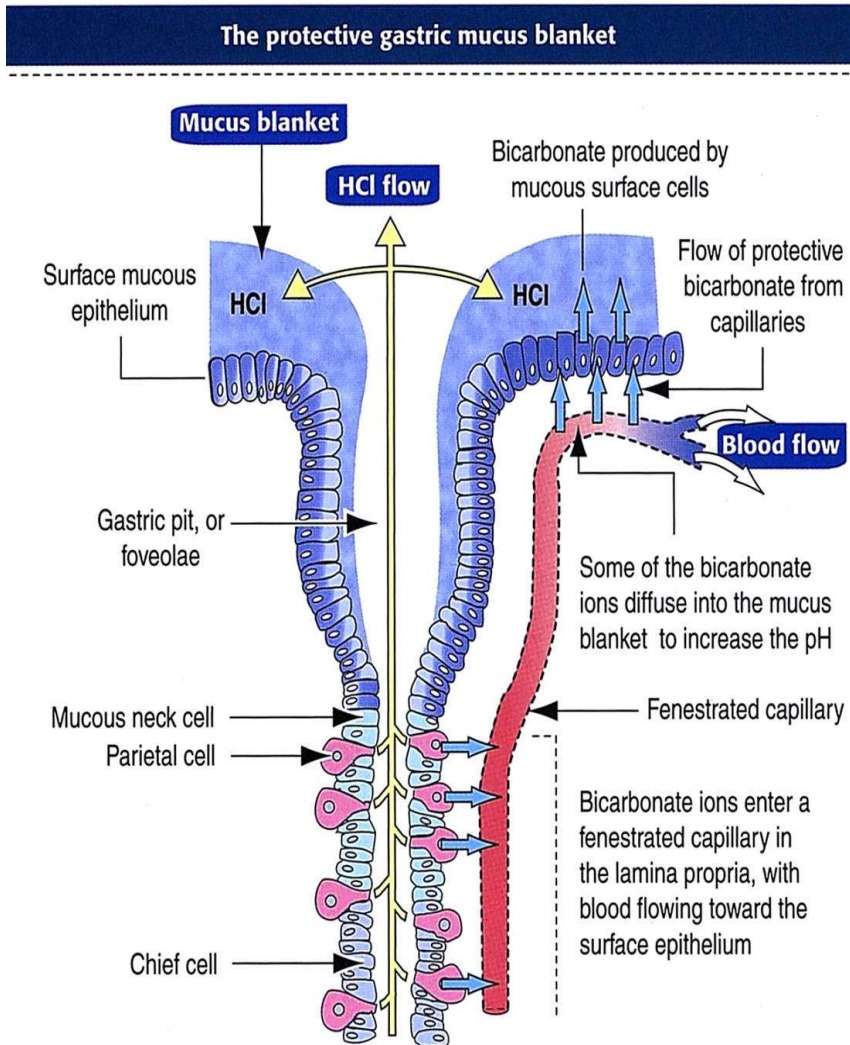
- Ensemble de glycoprotéines visqueuses et collantes formant un gel (0.2mm) qui adhère à la surface de l'estomac (dégradé par la pepsine)
- Synthèse continue
- Rôle protecteur.

HCO₃⁻

- Permet, avec le mucus, de maintenir un pH~7 à la surface des cellules mucoïdes.



Le mucus et la sécrétion de bicarbonate permettent le maintien d'un pH neutre au voisinage des cellules épithéliales



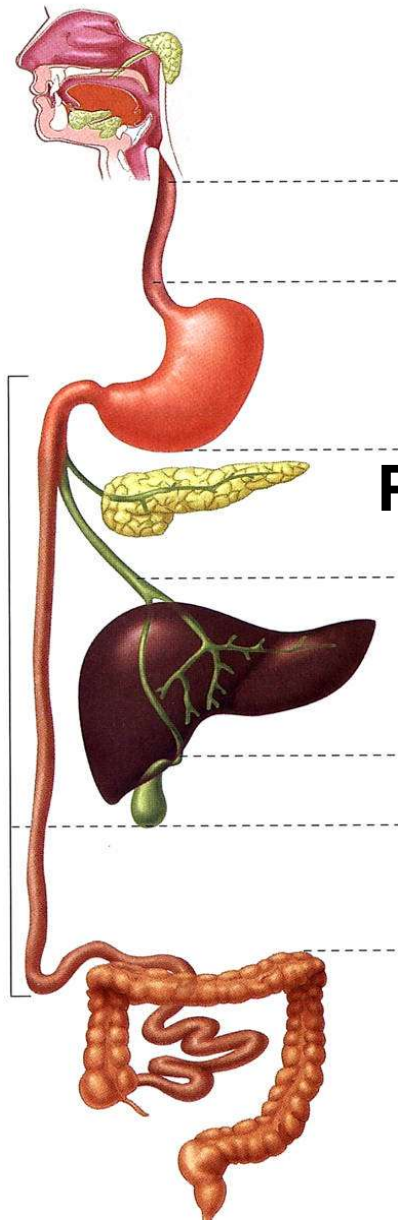
La paroi gastrique se défend contre la pepsine et le milieu acide par:

- La sécrétion de mucus
- Les jonctions serrées entre les cellules épithéliales
- Le renouvellement rapide des cellules de surface
- La présence de bicarbonate

Le bicarbonate sécrété des cellules pariétales du côté baso-latéral passe dans le sang et diffuse dans le mucus.

Une déficience de la défense de la paroi gastrique peut entraîner un **ulcère** (atteinte de la paroi de gravité diverse)

Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Pancréas exocrine

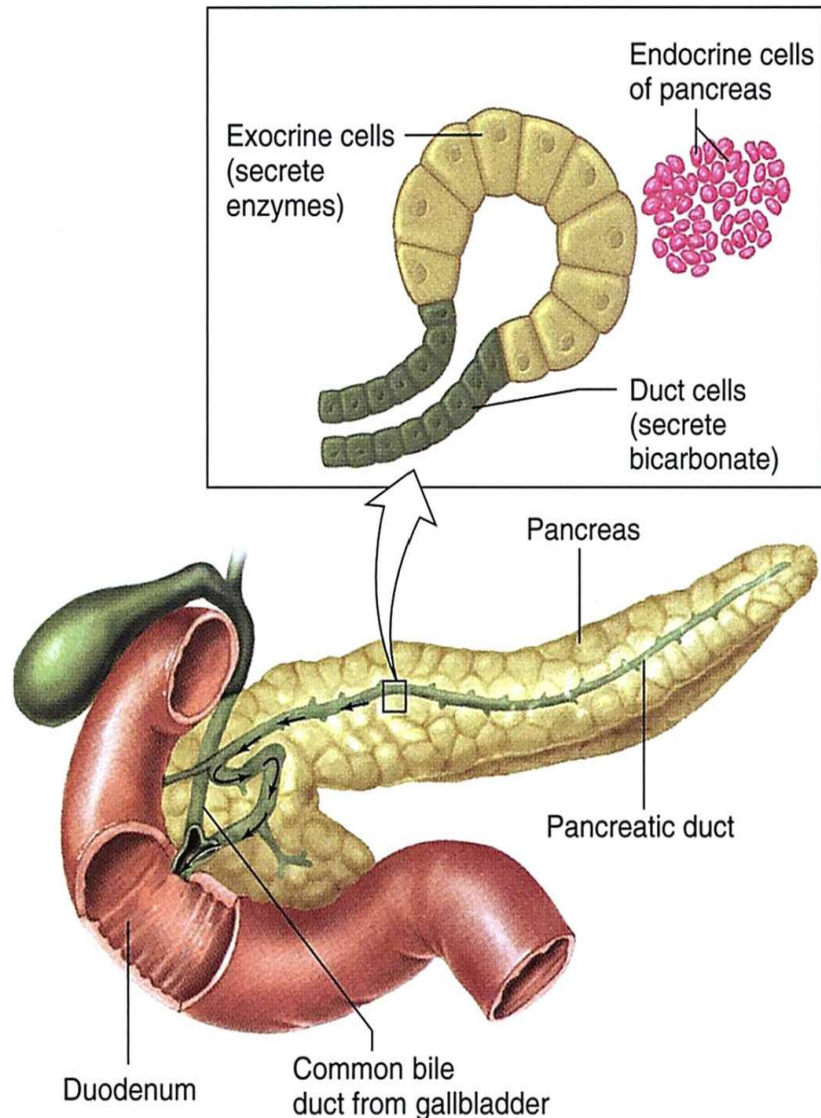
Production d'enzymes digestives et de HCO_3^-
(jus pancréatique= 1,5 l/jour)



Le pancréas exocrine produit toutes les enzymes nécessaires à la digestion et du bicarbonate

- **Cellules acineuses remplies de granules de zymogène contenant les enzymes digestives:**

- **amylase**
- **lipases et colipase**
- **DNAse, RNAse**
- **protéases sous forme inactive**
 - trypsinogène
 - chymotrypsinogène
 - procarboxypeptidase A et B



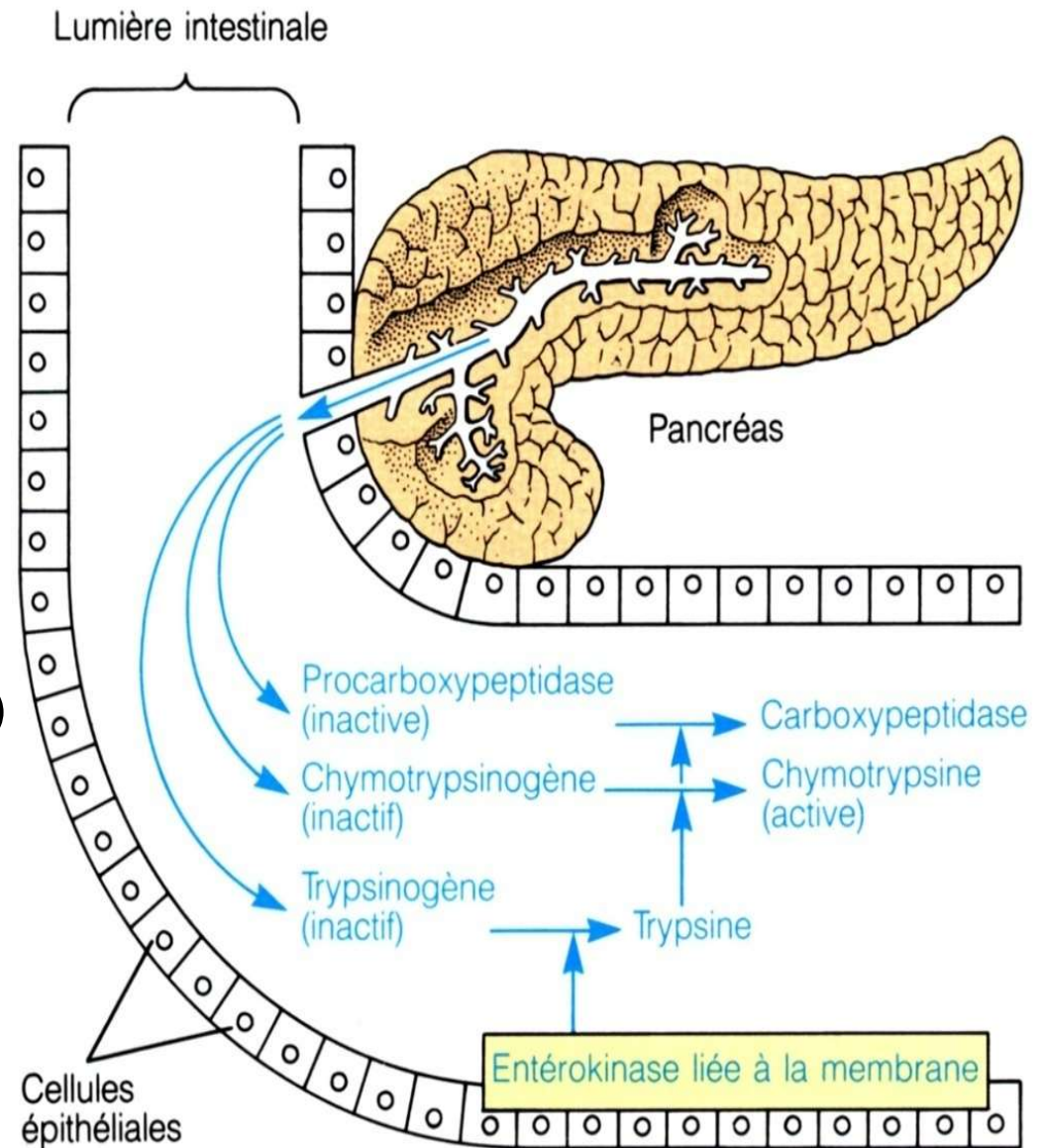
- **Cellules épithéliales des canaux excréteurs (ductales) intralobulaires libèrent de l'eau et du bicarbonate**



Les protéases pancréatiques sont activées par l'entérokinase

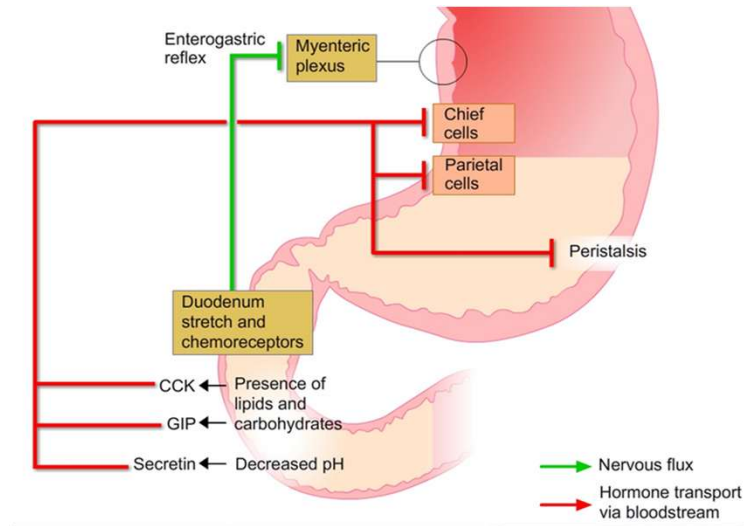
Les protéases inactives sont activées dans le duodénum par l'**entérokinase**, une enzyme située sur la **membrane en brosse** des cellules intestinales (entérocytes)

L'entérokinase (entéropeptidase) active le **trypsinogène en trypsine**, qui à son tour active les autres protéases





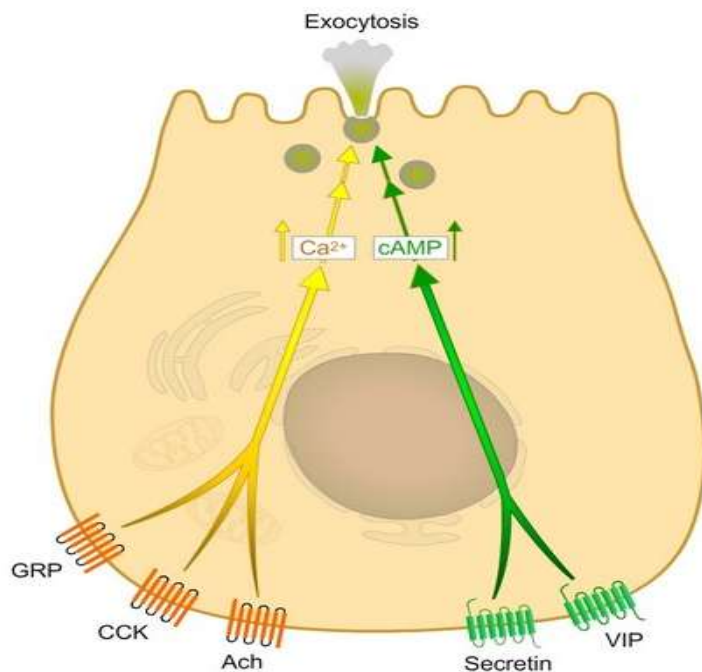
Rôle des hormones gastro-intestinales sur la sécrétion du pancréas exocrine



La **cholécystokinine (CCK)** stimule la production d'un suc pancréatique riche en **enzymes digestives**

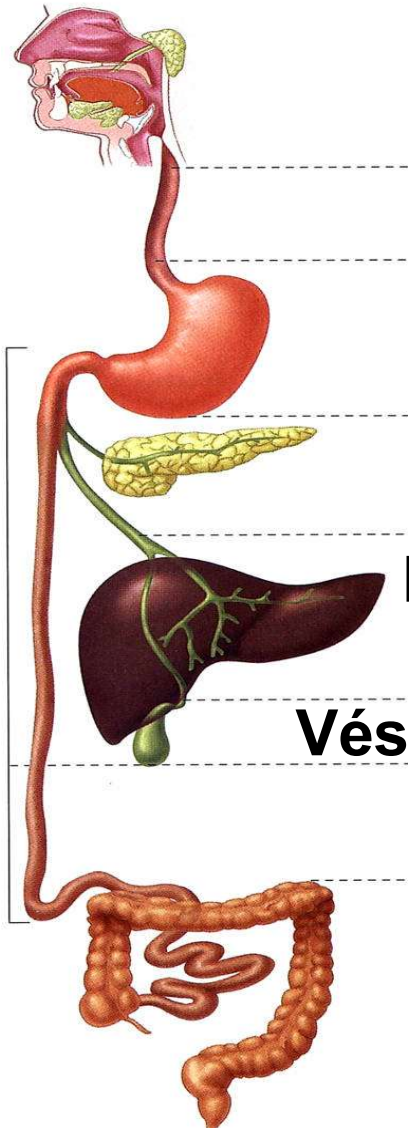
La **sécrétine** favorise la production d'un suc pancréatique **aqueux**, riche en **bicarbonate**

Le **parasymphatique** augmente et le **sympathique** diminue le volume des sécrétions pancréatiques



Cellule acineuse exocrine

Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Foie (exocrine)

Production de la bile
(500 ml/jour)

Vésicule biliaire

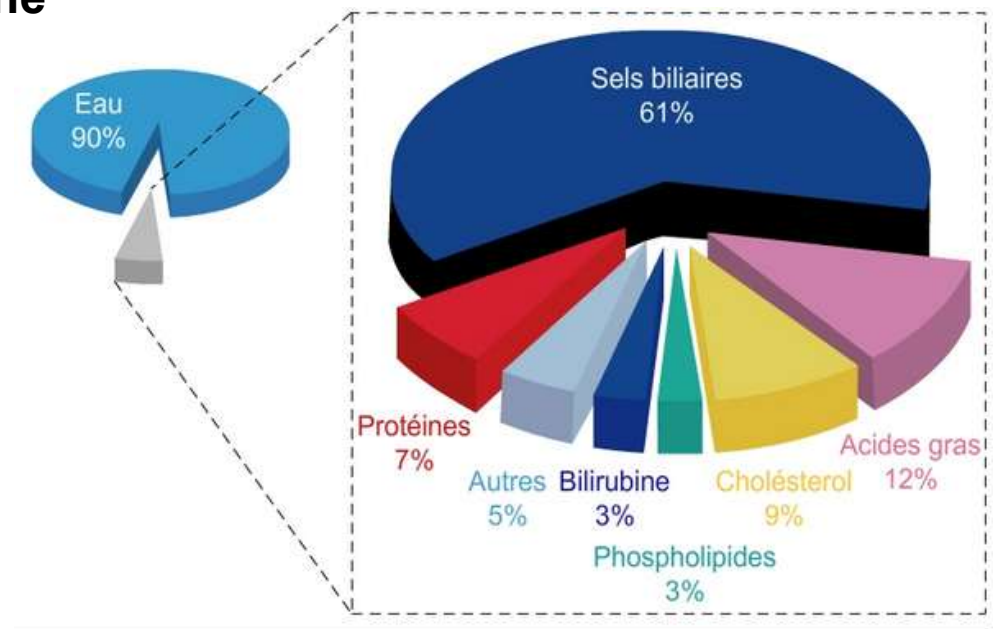
**Concentration de la bile et
stockage**
Sécrétion

(émulsion des graisses dans le
duodénum)



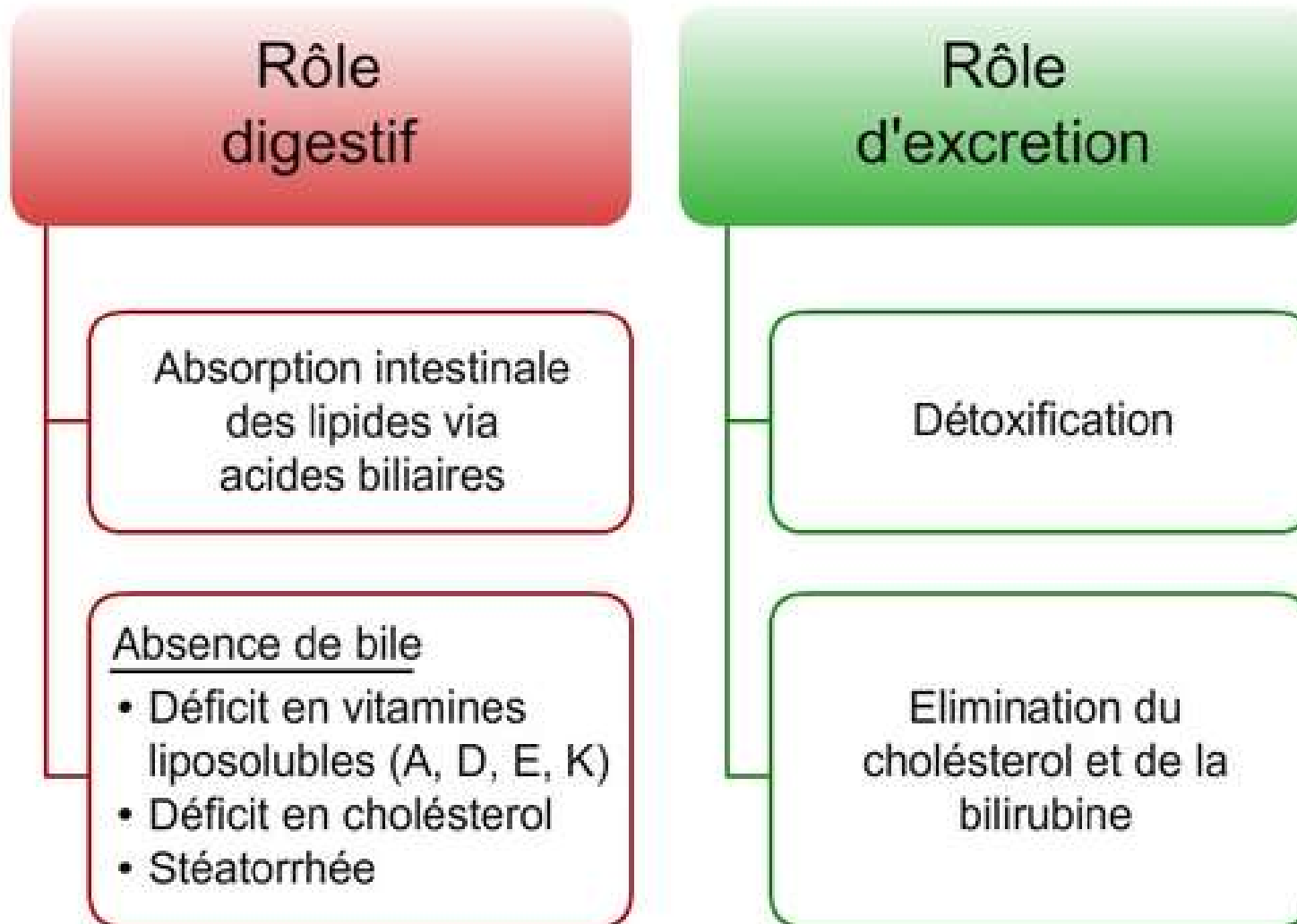
Composition de la bile

- Production continue par les hépatocytes de 500 ml/jour
- Concentrée 5-10X et stockée dans la vésicule biliaire (50-100 ml)
- **Sels biliaires : acides cholique et chénodéoxycholique**
- **Phospholipides, surtout lécithine**
- Eau et sels minéraux
- Protéines



- Pigments biliaires (produits de dégradation de l'hémoglobine, bilirubine)
- Produits de détoxification, voie d'élimination de certains médicaments
- **Cholestérol** (dont c'est la seule voie d'élimination, solubilisé par les sels biliaires et la lécithine ⇒ dans la vésicule biliaire, risques de saturation et formation de **calculs biliaires**)

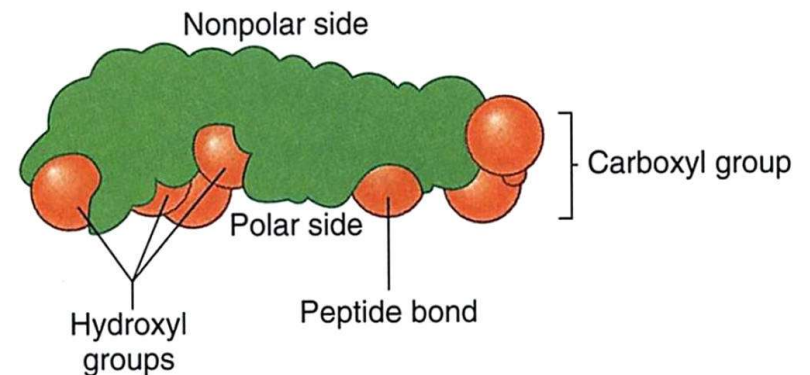
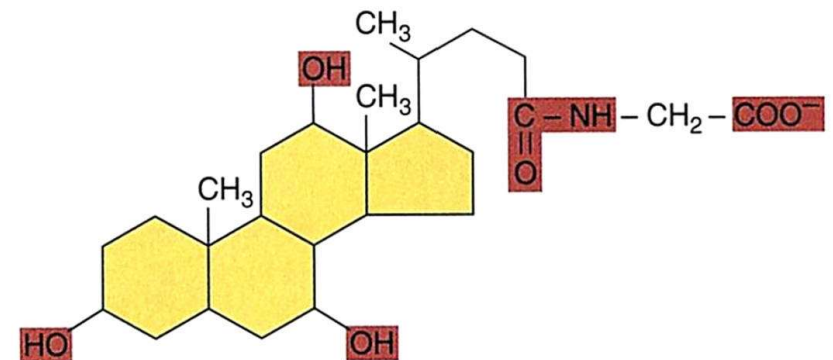
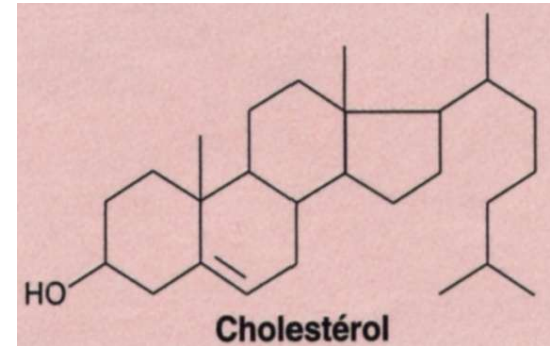
Rôle de la bile



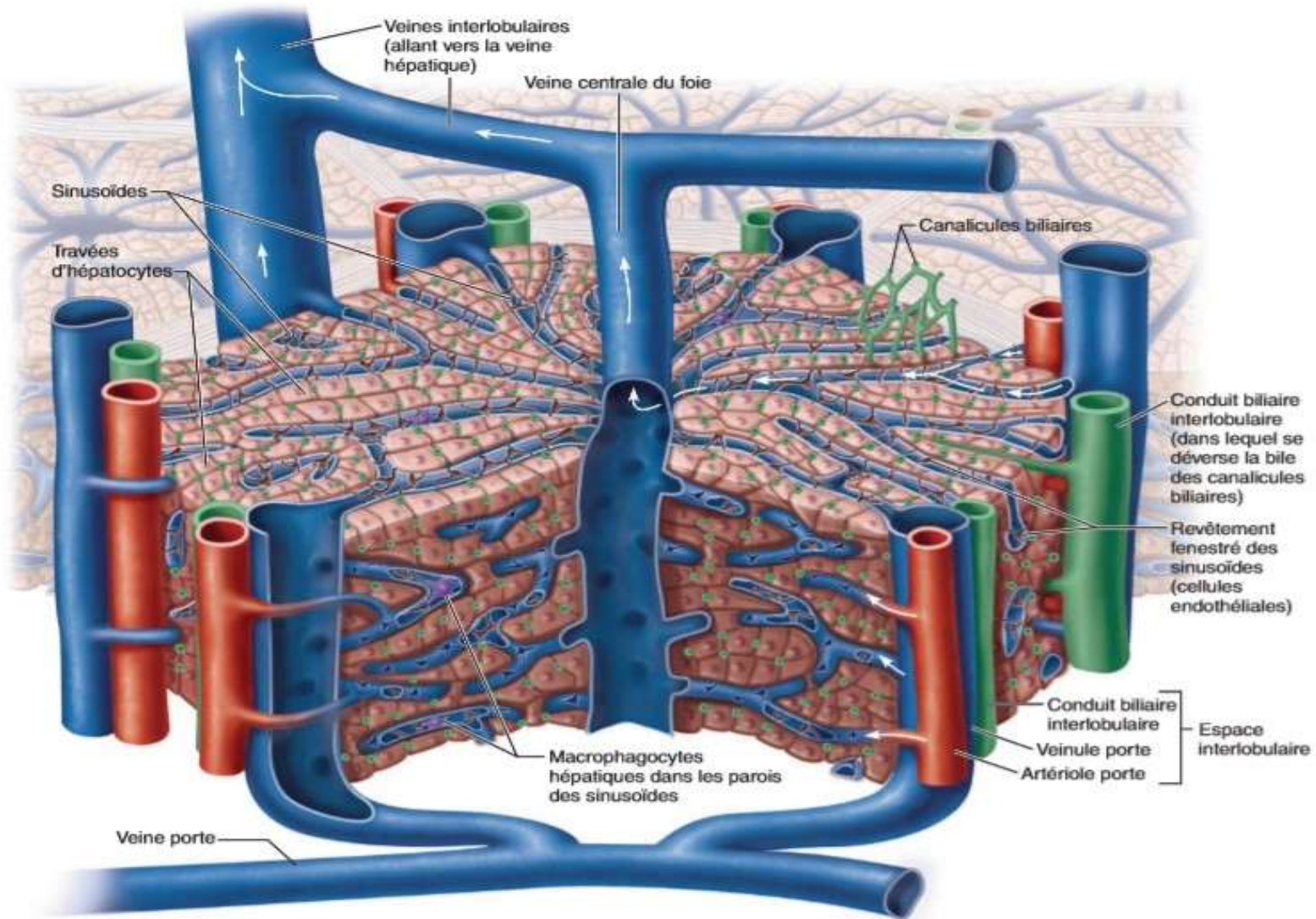


Les sels biliaries

- Les sels biliaries sont synthétisés par les hépatocytes à partir **du cholestérol**
- Ce sont des molécules **amphipathiques** (1 pôle hydrophobe, 1 pôle hydrophile)
- Les parties non polaires hydrophobes adhèrent aux molécules de lipides
- **Ils sont indispensables pour l'absorption des graisses**

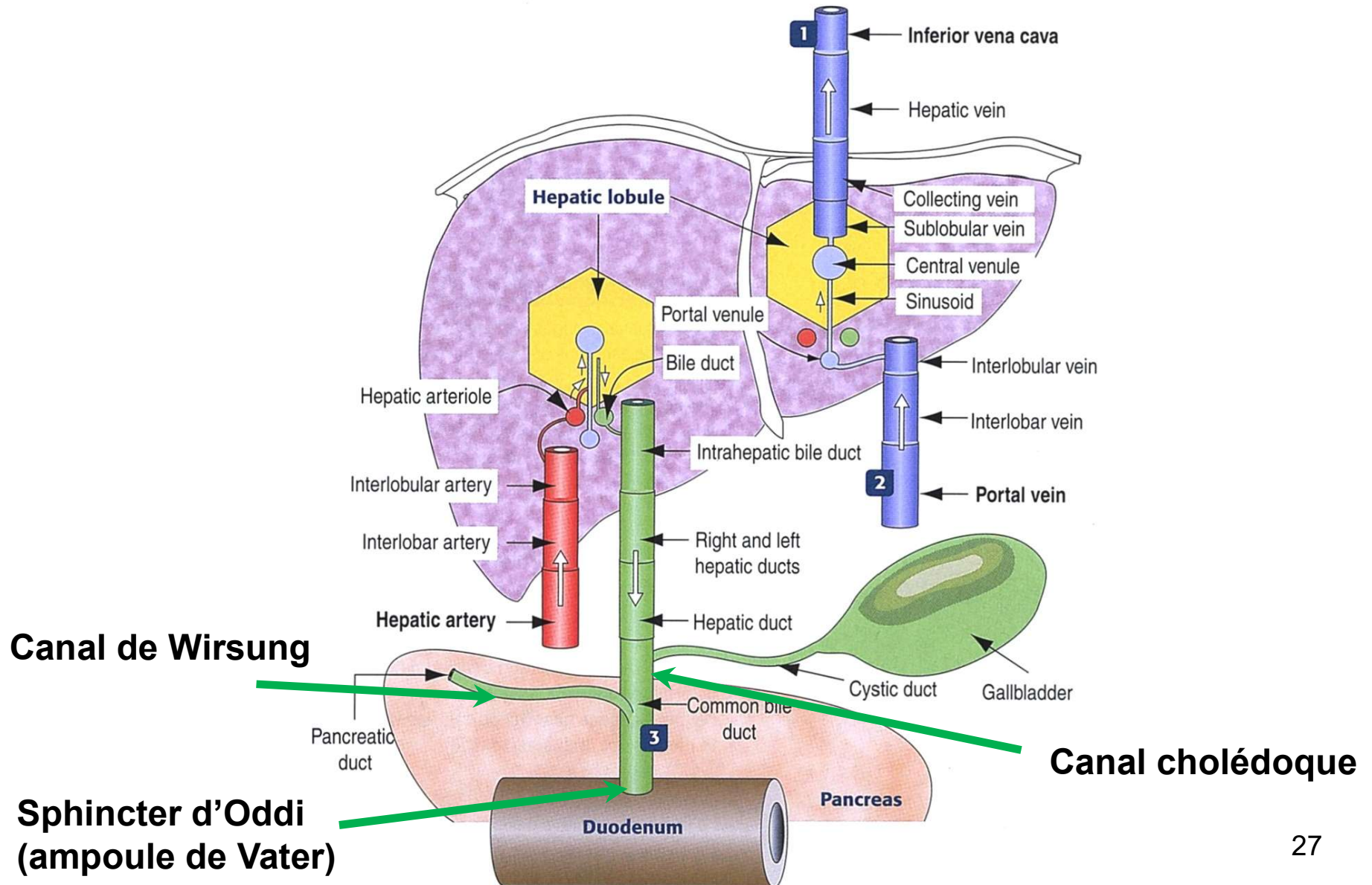


La bile est produite par les hépatocytes et déversée dans les canalicules biliaires



Les cellules épithéliales des canaux biliaires sécrètent H_2O et bicarbonate HCO_3^- - 26

Entre les repas, le sphincter d'Oddi est contracté, la bile s'accumule dans la vésicule biliaire

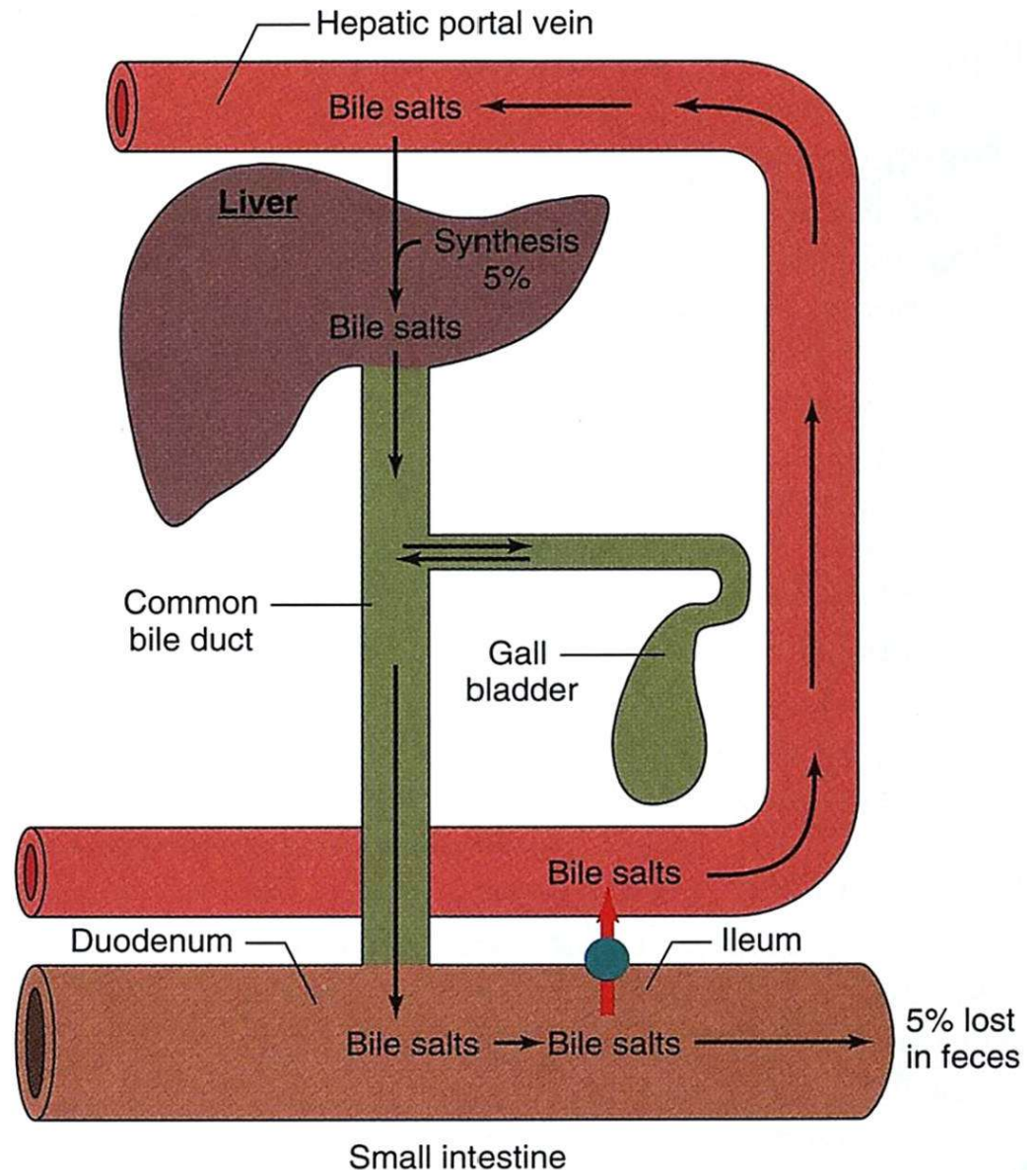


Les sels biliaires sont recyclés: cycle entéro-hépatique

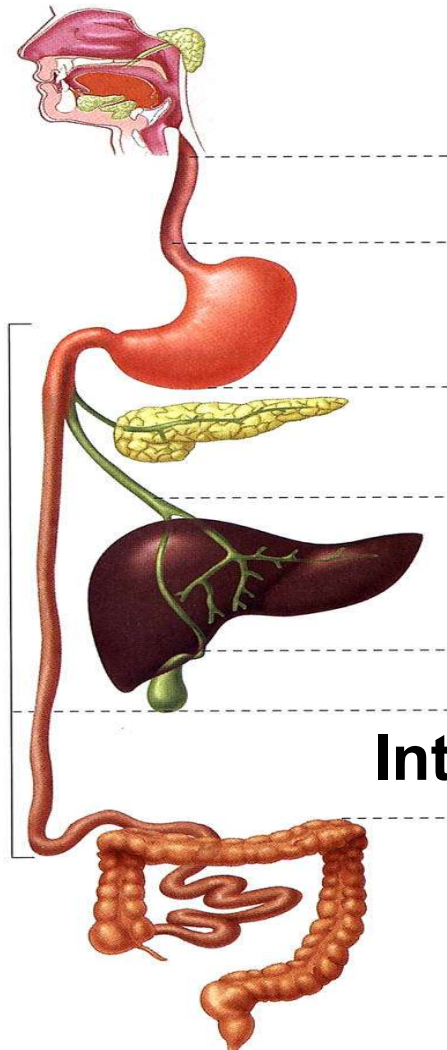
Les sels biliaires sont conservés par un mécanisme de recyclage et sont:

- **Réabsorbés** dans le sang par la **partie distale de l'intestin grêle**
- **Renvoyés au foie** par le sang du système porte hépatique
- **Sécrétés à nouveau** dans la bile (plusieurs cycles par repas)
- Env. 5-10% perdus dans les selles et resynthétisés (voie d'élimination du cholestérol).

4-12 cycles par jour



Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Intestin grêle

Digestion mécanique

Digestion chimique

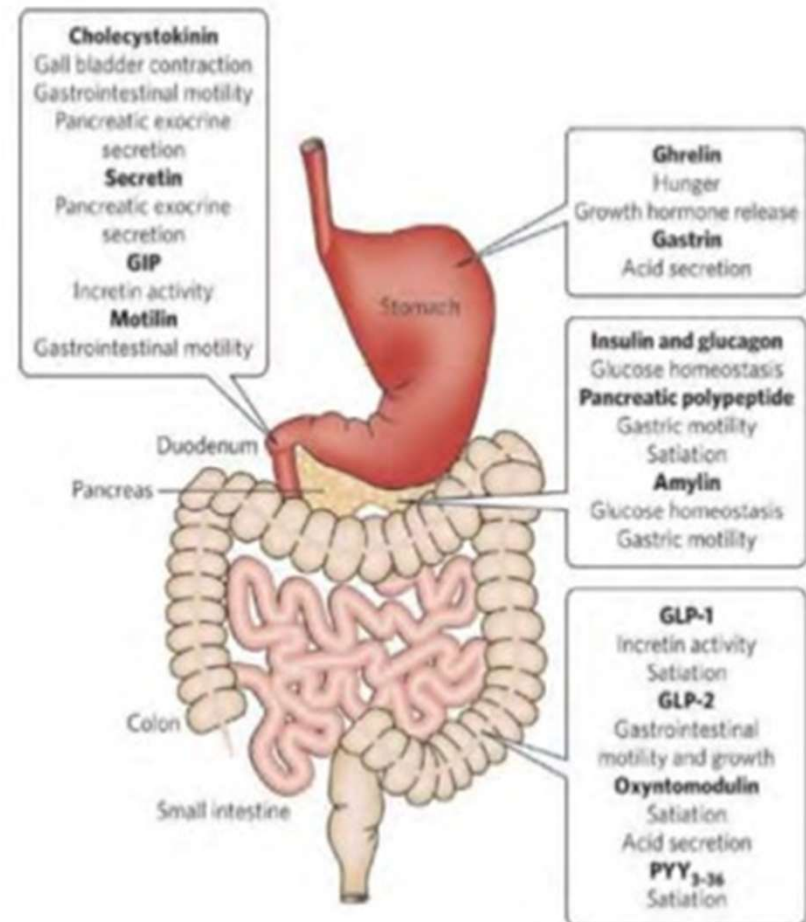
Absorption (nutrients, eau,...)

Propulsion

Production d'hormones (CCK, sécrétine)

Les hormones gastro-intestinales

- Produites par des **cellules endocrines dispersées** dans l'épithélium de l'estomac et de l'intestin
- Des changements dans la composition du chyme (distension, acidité, osmolarité, graisse, peptides...) vont stimuler la sécrétion d'hormones dans le sang
- Ces hormones gastro-intestinales sont **nombreuses**
- Parmi les plus importantes:
 - **Gastrine**
 - Ghréline
 - **Cholécystokinine (CCK)**
 - **Sécrétine**
 - GIP (Peptide Insulinotrope Glucodépendant)
 - **GLP-1 (Glucagon-like peptide-1)**



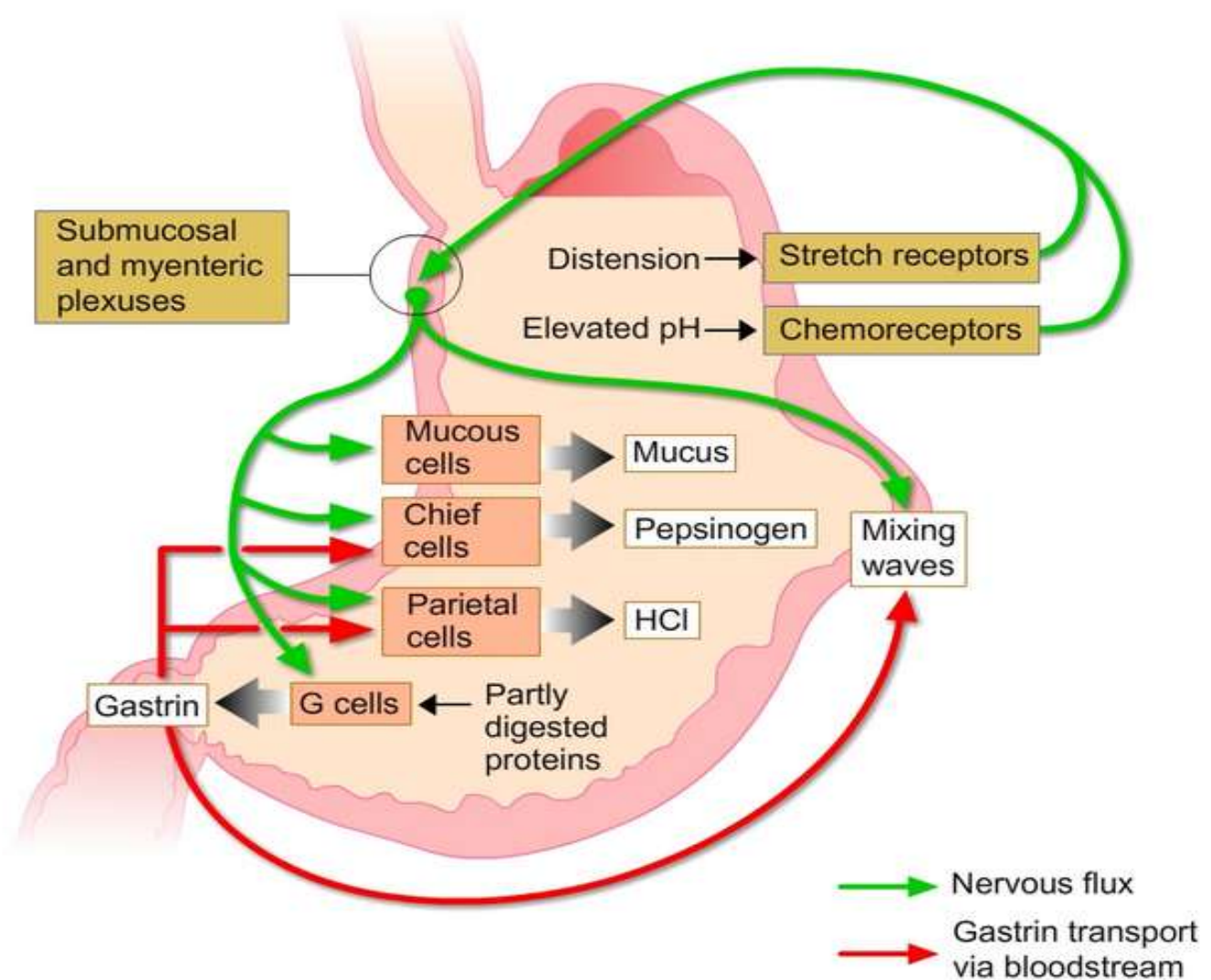


Les hormones gastriques

Hormone	Où	Stimulus	Effets principaux
Gastrine	Estomac, cellules G (présente dans antre)	Stimulation du parasymphatique Acides aminés et peptides digérés Sécrétion inhibée à pH < 3.0	<ul style="list-style-type: none">• Stimule la sécrétion d'HCl• Augmente la motilité gastrique• Exerce un rôle trophique sur la muqueuse gastrique (stimule sa croissance)
<i>Ghréline</i> <i>Pour info seulement</i>	<i>Estomac</i>	<i>↗ Avant repas</i> <i>↘ Après repas</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Stimule l'appétit via un effet sur l'hypothalamus</i>

Une hyperproduction de gastrine par des tumeurs malignes (gastrinomes) cause des **ulcères multiples**, du à une sécrétion abondante d'acide.

Régulation de la sécrétion gastrique



Phase céphalique

Phase gastrique

Phase intestinale

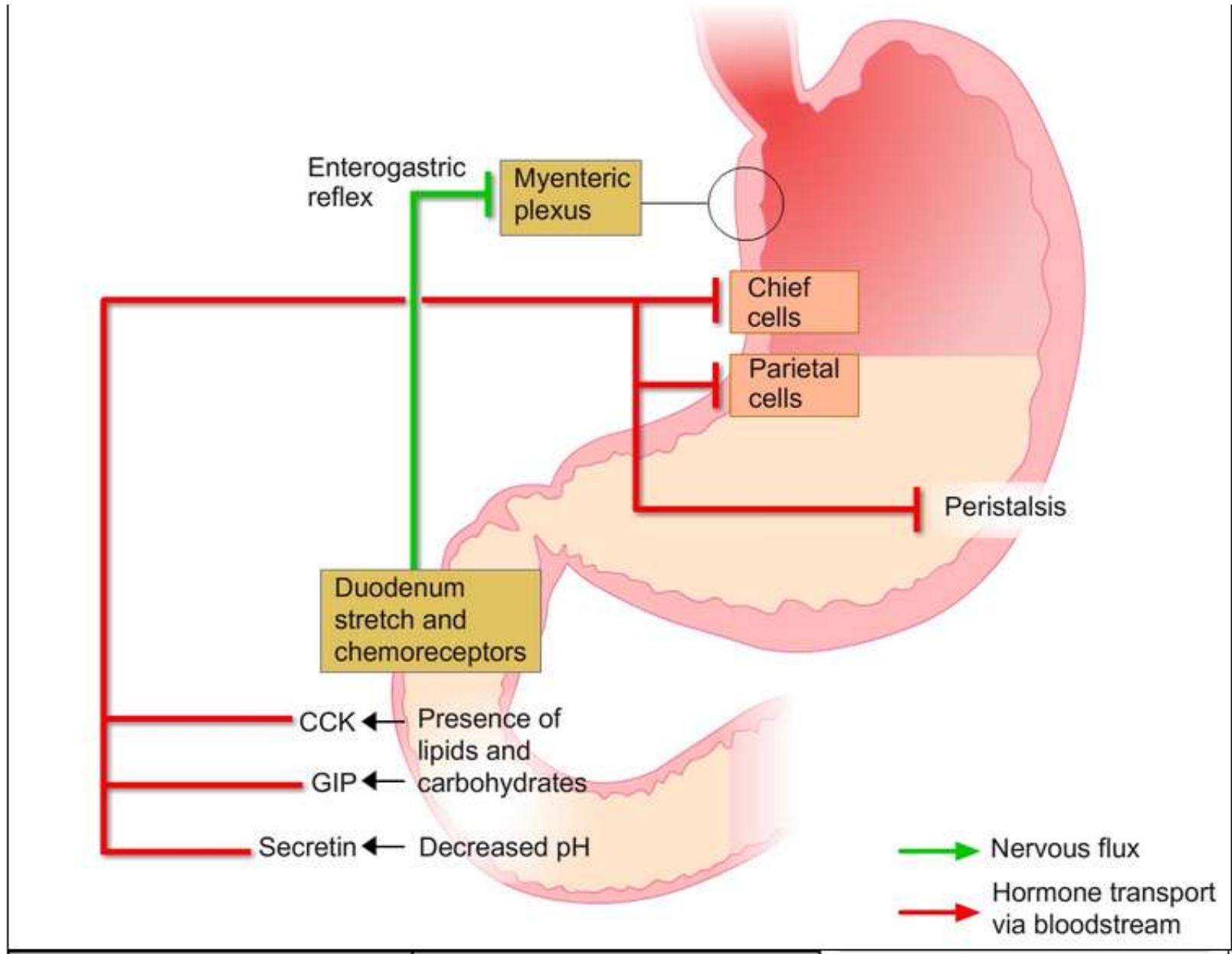
L'activité gastrique est stimulée de deux façons: par l'étirement de l'estomac et par la stimulation de récepteurs par le contenu gastrique.



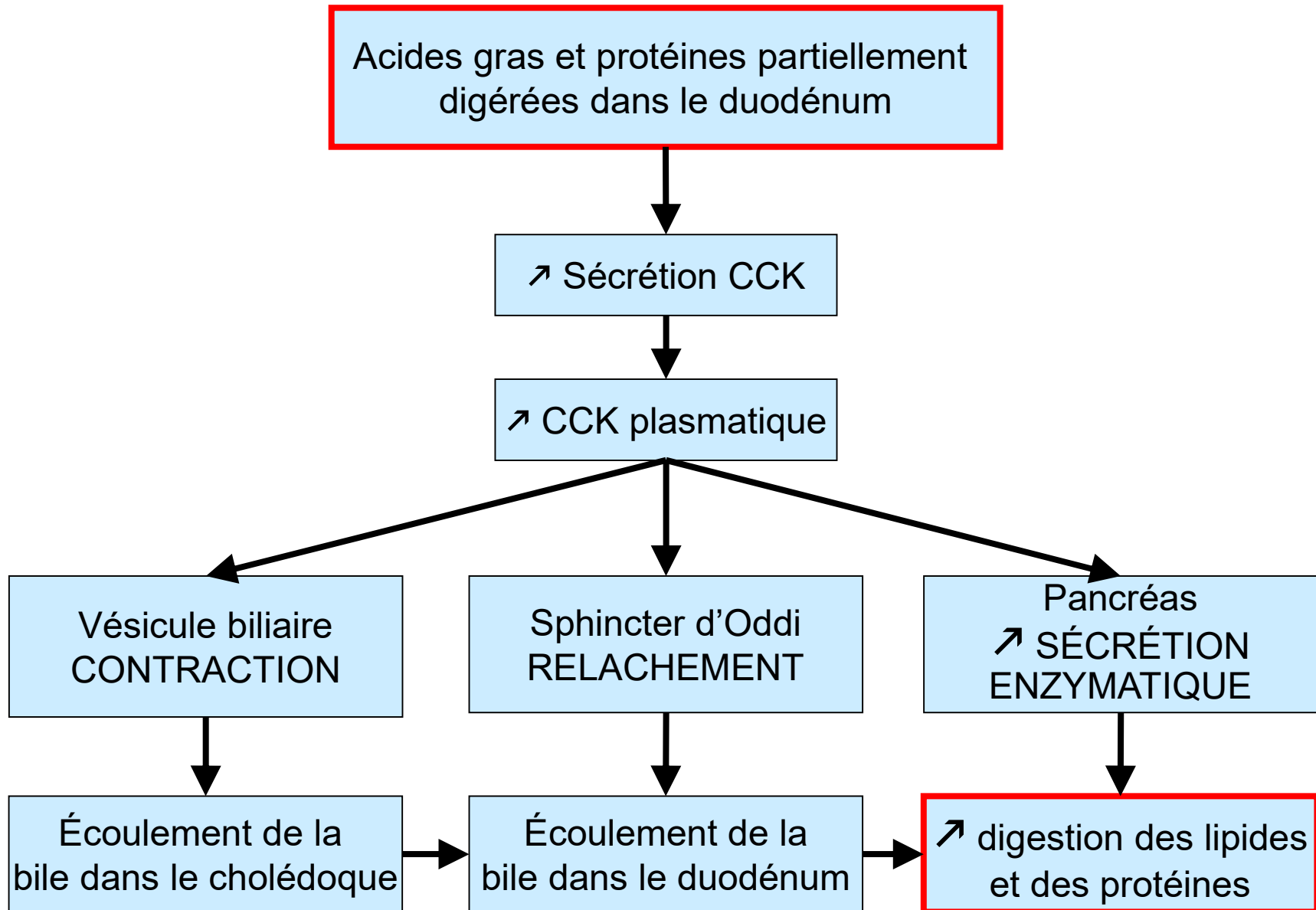
Les hormones intestinales

Hormone	Où	Stimulus	Effets principaux
Cholécys- -tokinine (CCK)	Duodénum cellules I	Sécrétion stimulée par acides gras et peptides digérés	<ul style="list-style-type: none">• Ralentit la vidange gastrique• Stimule sécrétion de bile et contraction de la vésicule biliaire,• Relâche le sphincter d'Oddi• Stimule la production d'un suc pancréatique riche en enzymes digestives
Sécrétine	Duodénum cellules S	Sécrétion stimulée par acidité de l'estomac	<ul style="list-style-type: none">• Régule le pH du duodénum (neutralisation)• Antagonise la gastrine• Ralentit la vidange gastrique• Stimule la sécrétion pancréatique (cellules canalaire) et duodénale (glandes de Brunner) de bicarbonate• Inhibe directement et indirectement la sécrétion d'acide par les cellules pariétales

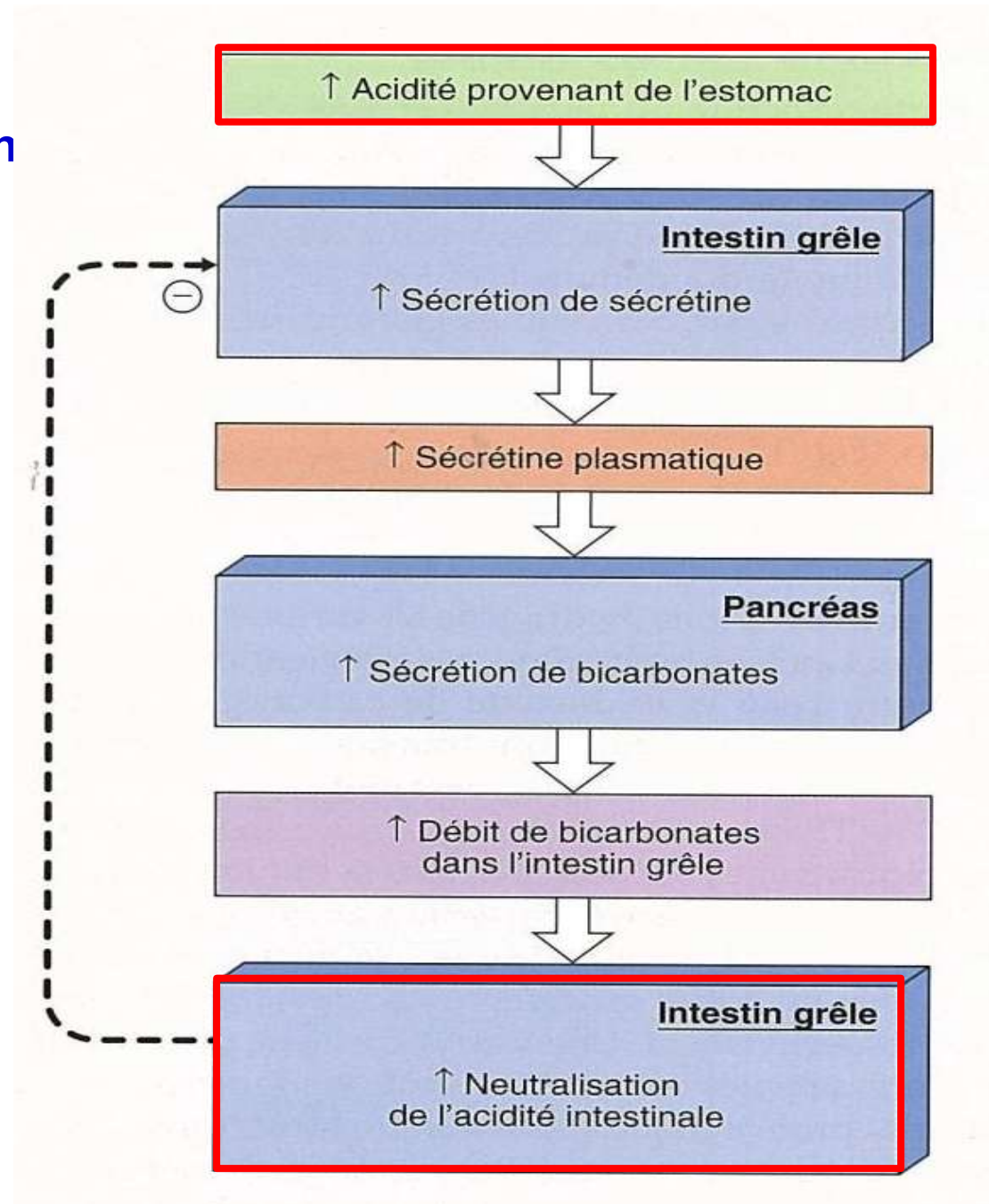
Régulation de la sécrétion gastrique



La cholécystokinine (CCK) est indispensable pour la digestion des graisses et des protéines



L'acidité dans le duodénum est rapidement corrigée par la production d'une sécrétion pancréatique riche en bicarbonate: rôle de la sécrétine

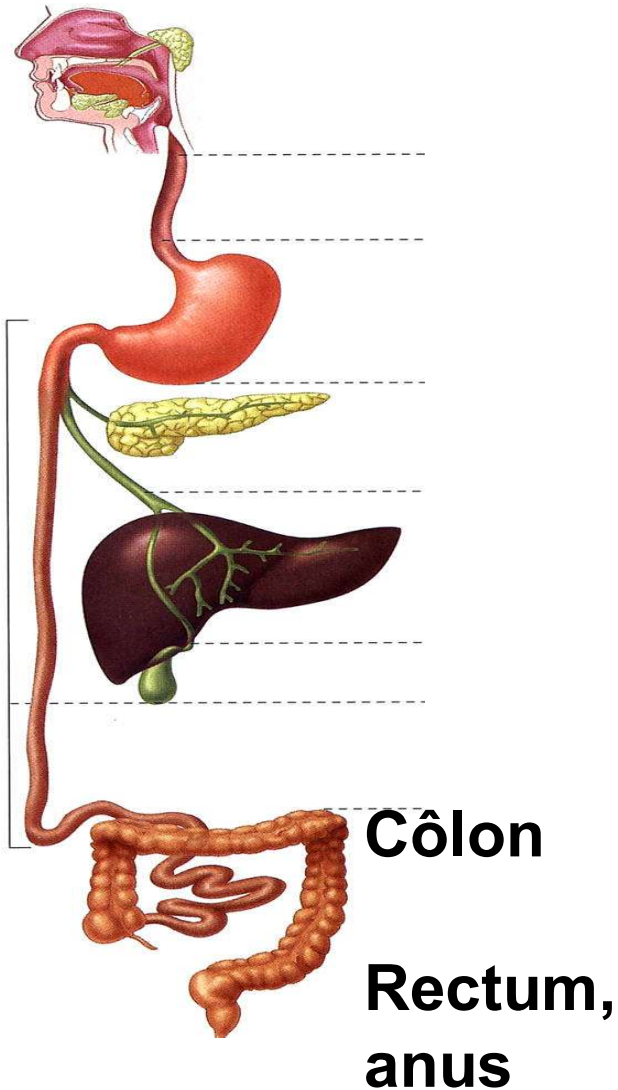


Quelques autres hormones intestinales

Hormone	Où	Stimulus	Effets principaux
GIP (Peptide Insulinotrope Glucodépendant)	Duodénum	Chyme gras	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe sécrétion et motilité gastrique • ↗ sécrétion d'insuline
GLP-1 (Glucagon-like peptide-1)	Duodénum cellules L	Lipides et hydrates de carbone	<ul style="list-style-type: none"> • ↗ sécrétion d'insuline • ↙ appétit



Fonctions principales des organes du système digestif en relation avec la digestion et l'absorption



Gros intestin :

- Absorption de l'eau et des électrolytes résiduels (Na^+ , Cl^-)
- Sécrétion possible de K^+ et de bicarbonate
- Propulsion
- Stockage des fèces et défécation

Plan du cours (II)

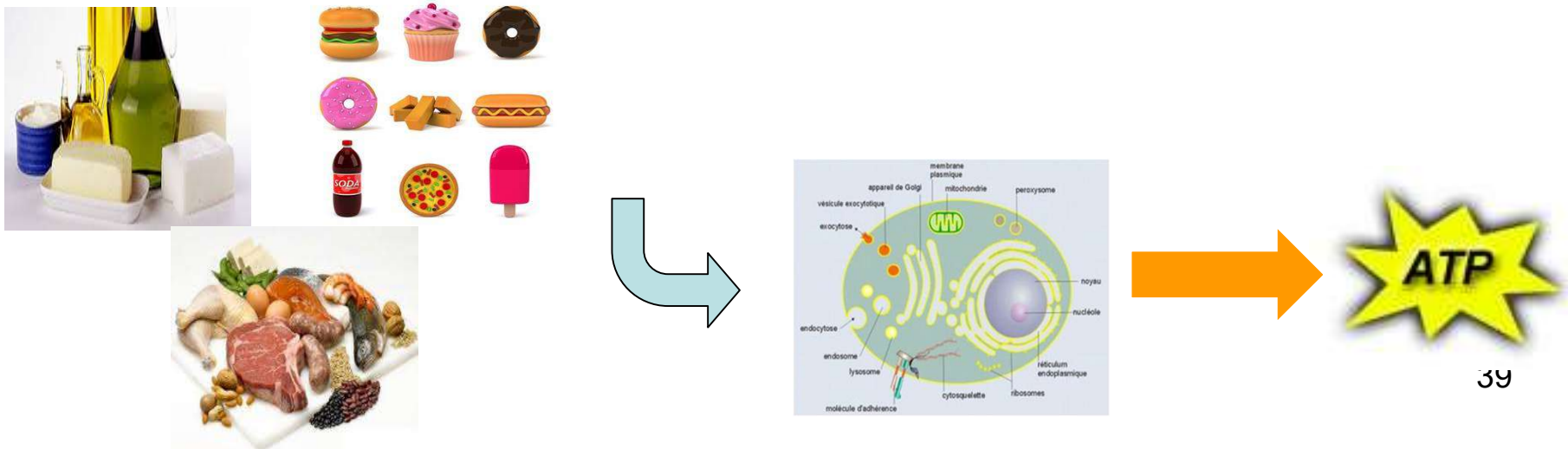
Dans la deuxième partie de ce cours, nous traitons de **la biochimie de la digestion** en abordant les nutriments suivants:

- Lipides
- Protéines
- Glucides

Objectifs d'apprentissage (II)

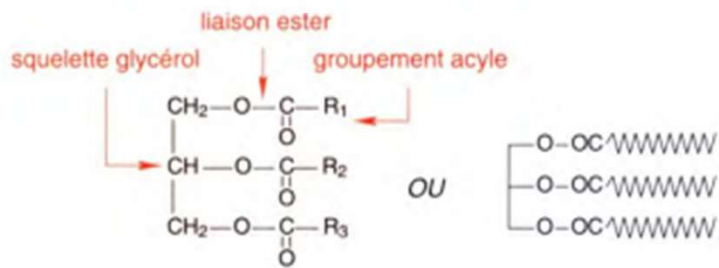
Au terme de ce cours, vous serez capable d'expliquer et mettre en relation les connaissances suivantes:

- **la digestion et l'absorption des nutriments**



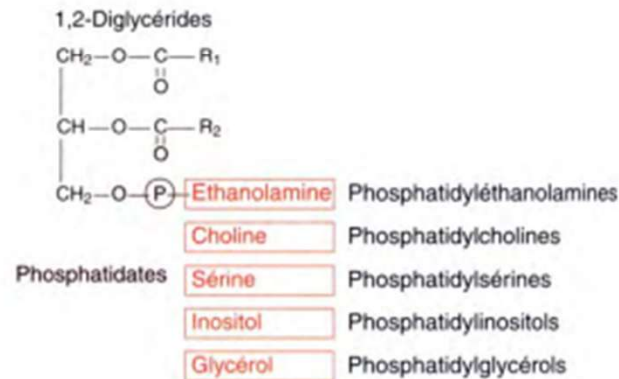
Principaux lipides de l'alimentation

- Principalement des triglycérides
- Phospholipides
- Cholestérol



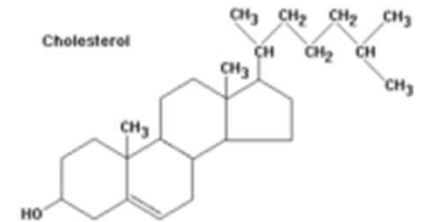
Triglycérides
Peuvent comporter
différents acides gras

Insolubles



Phospholipides
Diglycérides + molécule
phosphorylée et hydrophile

Amphiphiles



Cholestérol
4 cycles carbonés

insoluble

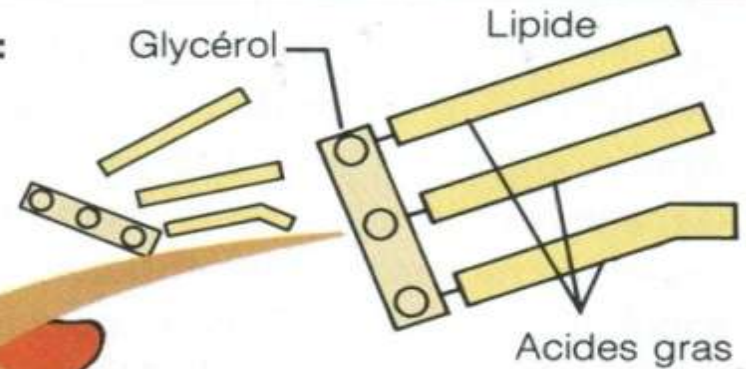
Utilisation des principaux nutriments par les cellules de l'organisme

Lipides



30-35% de l'apport énergétique total

(b) Lipides (triglycérides): composés d'une molécule de glycérol et de trois molécules d'acides gras



Métabolisés par le foie en cétones, en acide acéto-acétique, etc.

Digestion en acides gras et en glycérol dans le tube digestif

Utilisation par les cellules

Utilisation par les cellules

Élaboration de membranes cellulaires et de gaines de myéline

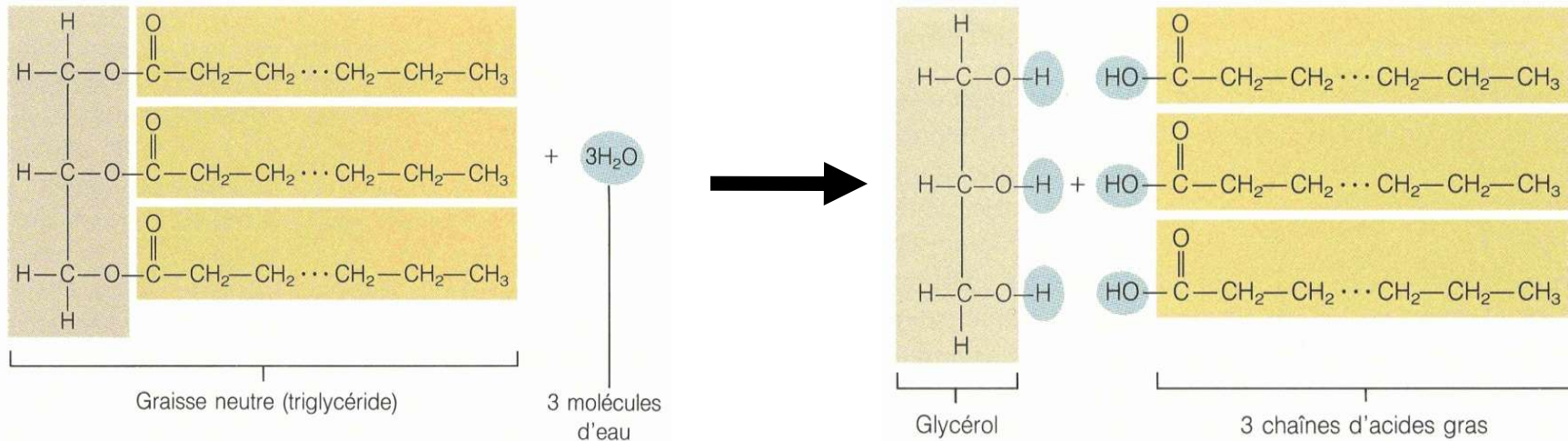
Isolation et protection des organes par les dépôts de graisse dans les tissus adipeux; assure la mise en réserve d'énergie alimentaire

ATP

Les lipides constituent les principaux combustibles dans de nombreuses cellules



Digestion des triglycérides alimentaires



Triglycéride (TG) $\xrightarrow{\text{LIPASE PANCREATIQUE (+ colipase et sels biliaires)}}$ **acides gras libres (AGL) + monoglyceride (MG)**

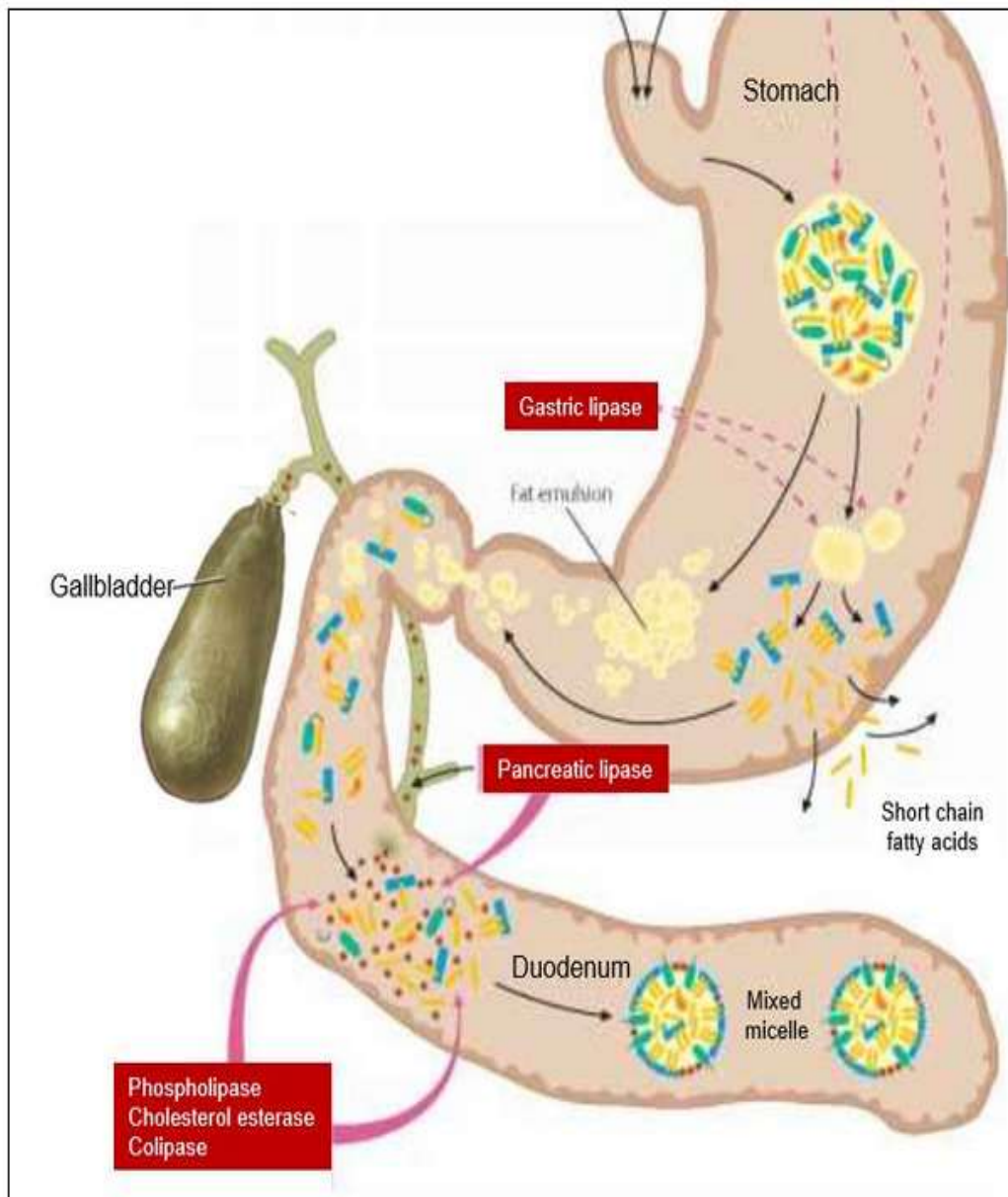
Les triglycérides alimentaires ne sont pas absorbés directement par les cellules.

Les lipides absorbables sont:

- **les acides gras libres (AGL)**
- **les monoglycérydes (MG)**
- **le cholestérol**



Les grandes étapes de la digestion des lipides



1. Emulsification des graisses

2. Hydrolyse des lipides

3. Formation des micelles

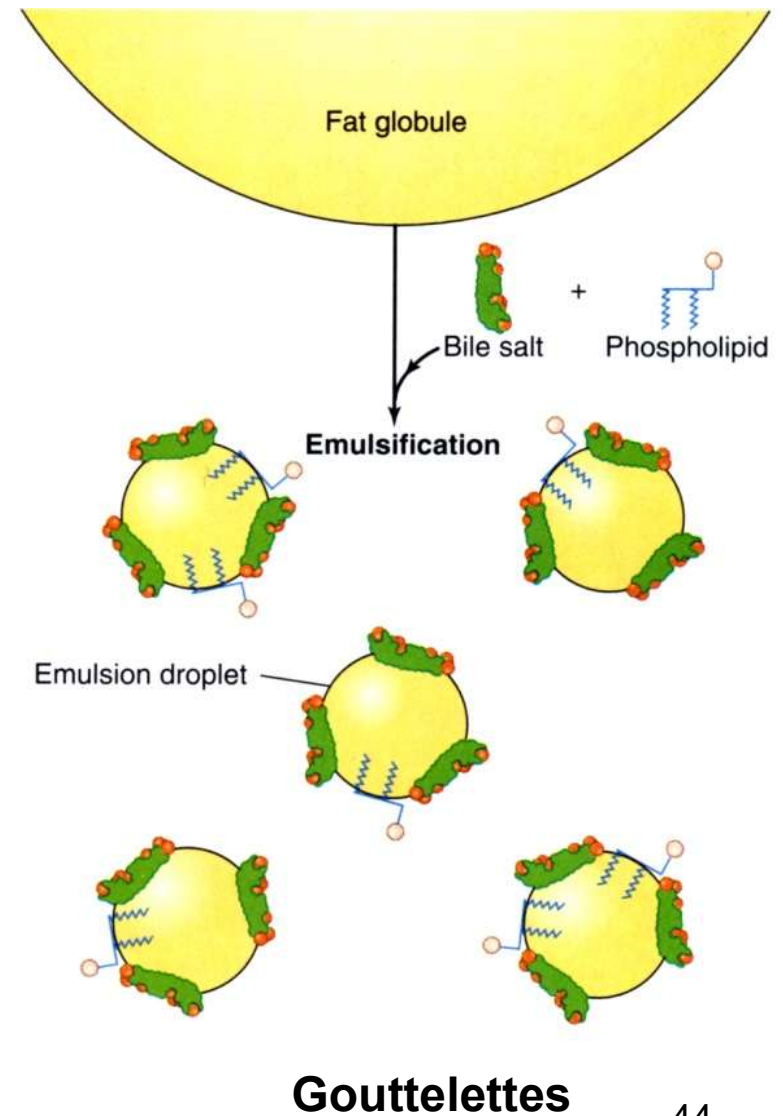
4. Absorption du contenu micellaire



Digestion des lipides: 1. émulsification des graisses

- Les graisses ingérées sont **insolubles** dans l'eau et forment de gros agrégats
- L'**émulsification** consiste à disperser ces gros **agrégats** sous forme de **petites gouttelettes**.
Ceci se fait par:

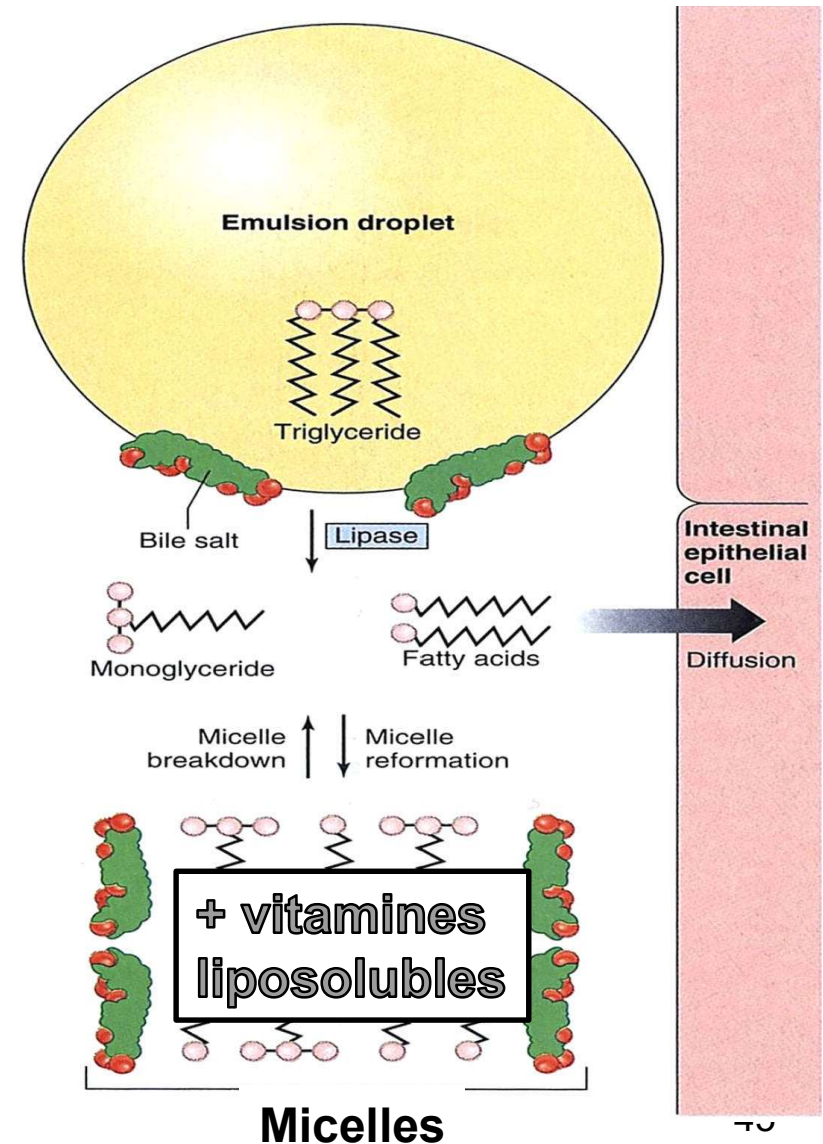
- le **fractionnement mécanique** de ces agrégats (commence dans l'estomac)
- la **présence de sels biliaires et de phospholipides** (lécithine) dans le duodénum qui, en se fixant sur les gouttelettes de lipides, empêche leur réagrégation.





Digestion des lipides: 2. hydrolyse des lipides 3. formation de micelles

- L'hydrolyse des triglycérides en acides gras libres et en monoglycérides se fait grâce à la **lipase pancréatique**
- La lipase pancréatique (hydrosoluble) ne peut agir **qu'en surface** (d'où l'importance de l'émulsification)
- La **colipase enrobe les gouttelettes** émulsifiées pour y accrocher la lipase
- Il y a **formation de micelles**, complexes hydrosolubles comprenant:
 - des **acides gras libres (AGL)**
 - des **monoglycérides (MG)**
 - des **sels biliaires**
- Fraction polaire des sels biliaires tournée vers l'extérieur



Absorption des vitamines liposolubles

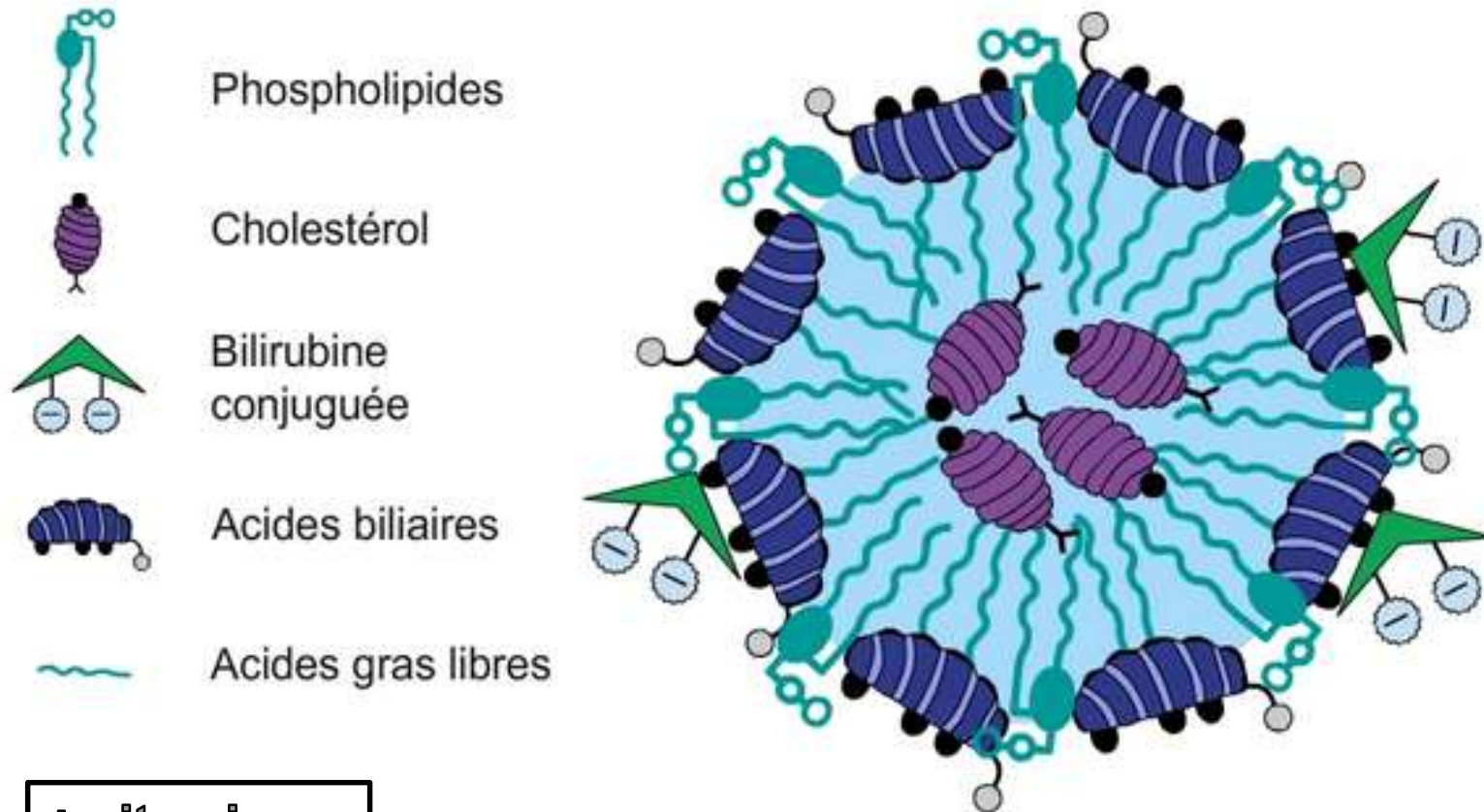


Les vitamines liposolubles:

- A:** rétinol, pigments des photorécepteurs
- D:** calciférol, métabolisme du calcium
- E:** tocophérols, antioxydant
- K:** synthétisée par les bactéries intestinales, rôle dans la coagulation

- Suivent la **voie d'absorption des lipides**
- **Sont solubilisées dans les micelles et traversent l'épithélium par diffusion.**
- Si problèmes d'absorption des lipides \Rightarrow mauvaise absorption des vitamines liposolubles
- **Les vitamines liposolubles sont stockées dans les tissus (foie, tissu adipeux, peau)**

Micelles (lumière intestinale)

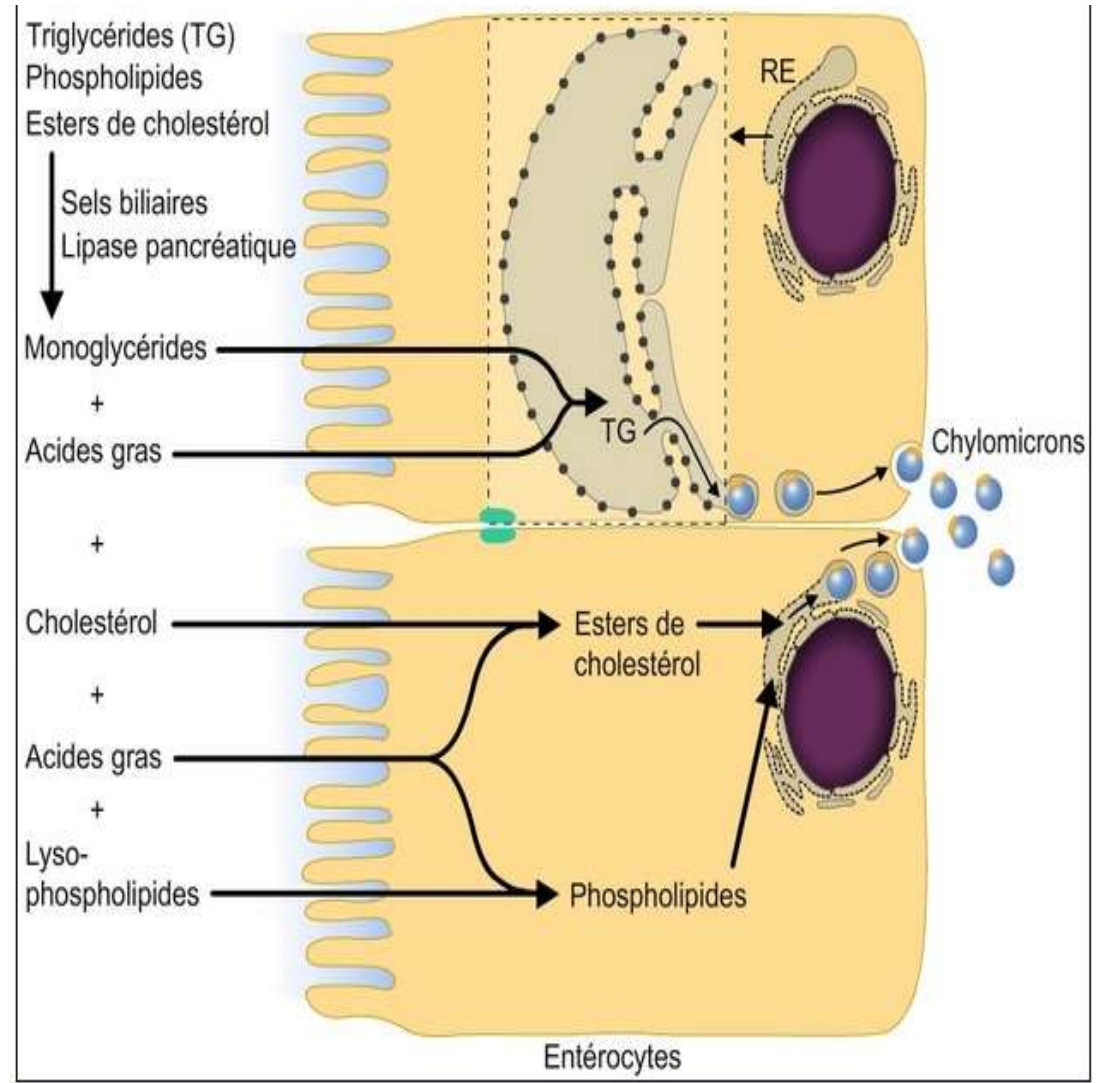


+ vitamines
liposolubles



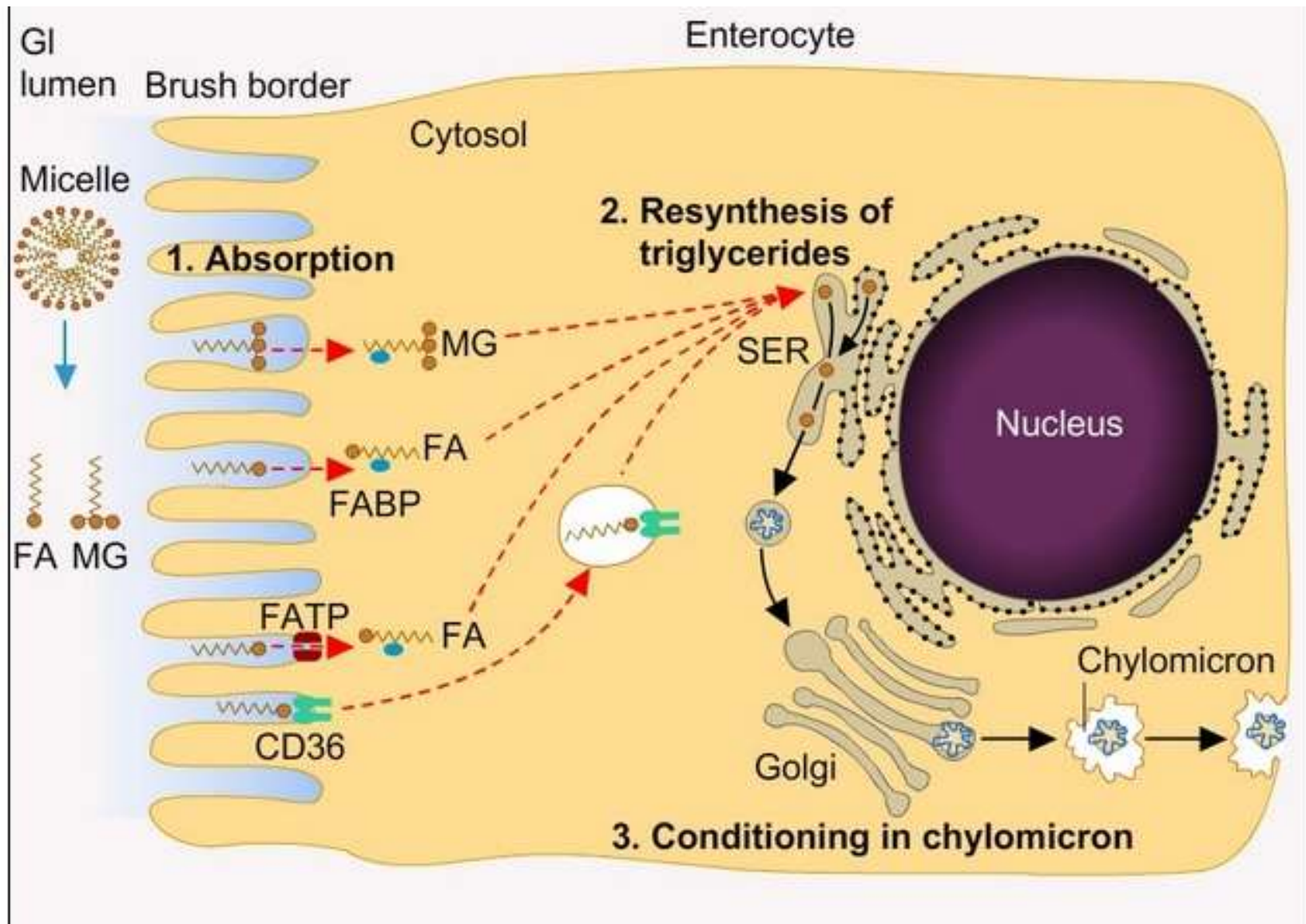
Digestion des lipides: 4. absorption du contenu micellaire (lipides)

- Formation de micelles
- Les **acides gras libres et les monoglycérides** quittent les micelles et **entrent dans les entérocytes par diffusion ou par transporteurs**
- Les sels biliaires sont exclus de ce processus et sont libérés dans la lumière intestinale pour être réabsorbés dans **l'iléon**
- C'est le **cycle entéro-hépatique**



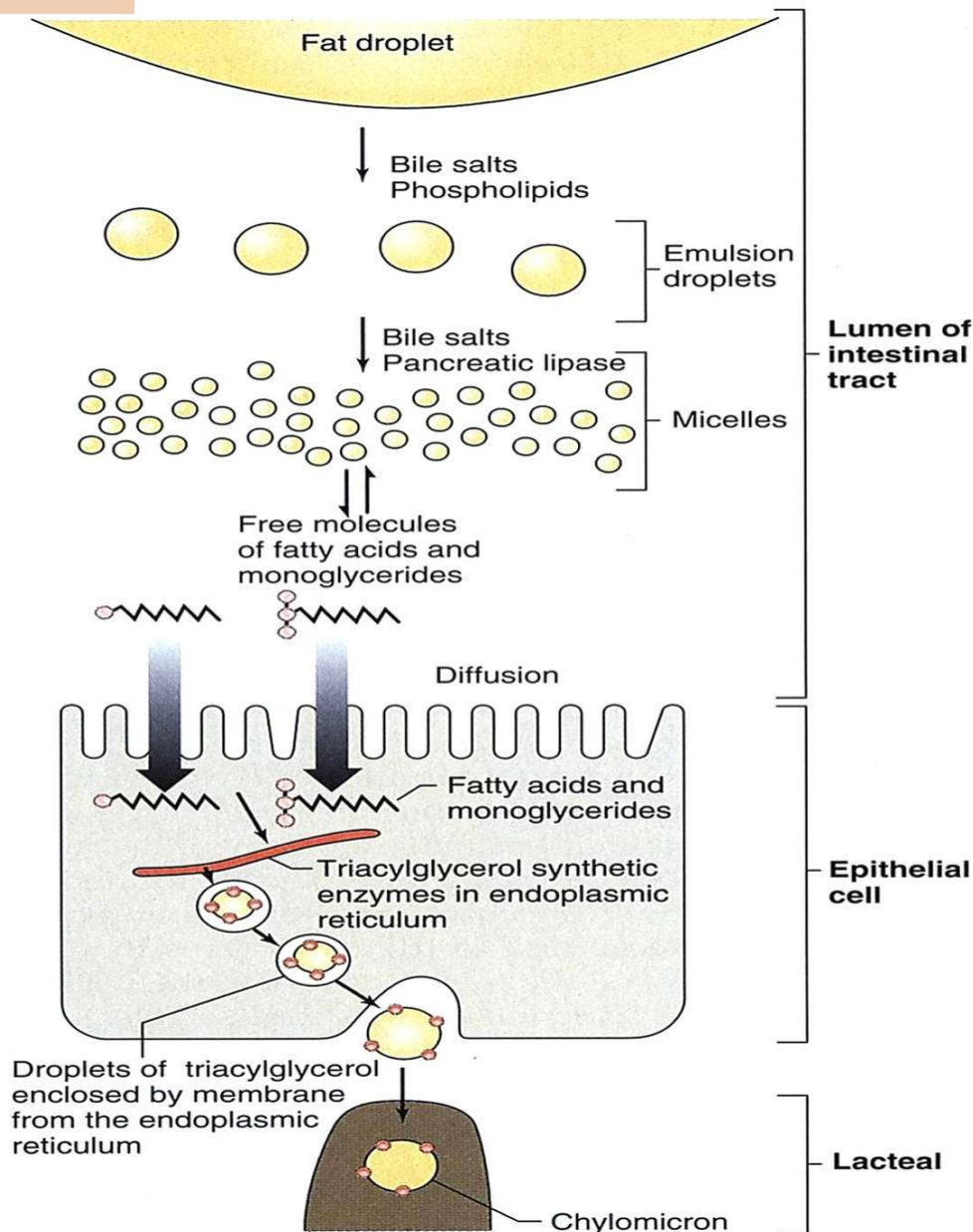


4. absorption des lipides par diffusion ou par transporteurs (CD36, FATP)





Synthèse de triglycérides et formation de chylomicrons



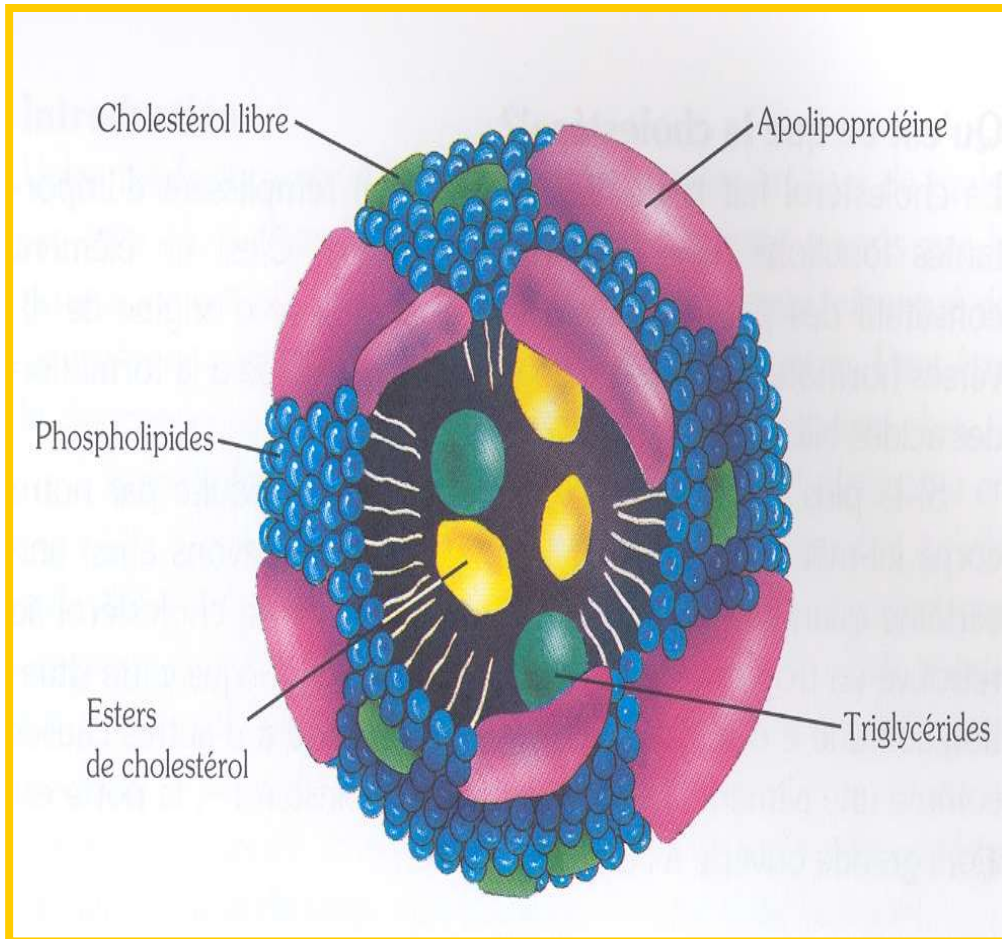
Dans les entérocytes, les **acides gras à courte chaîne**, relativement hydrosolubles sont directement absorbés dans la circulation sanguine

Dans les entérocytes, **les acides gras à longue chaîne** sont réestérifiés en triglycérides, « enrobés » de phospholipides et de protéines

= **chylomicrons (CM)**

Les chylomicrons sortent de la cellule par **exocytose** et pénètrent dans les lactéals (capillaires lymphatiques présents dans les villosités)

Chylomicron (vaisseau lymphatique)



Complexes macromoléculaires permettant le transport des lipides insolubles dans un milieu aqueux composés de :

- lipides (**TG**, CE, C, PL) en proportion variable selon la classe de lipoprotéines.
- Apolipoprotéines spécifiques
 - structure des lipoprotéines
 - ligand pour les récepteurs
 - co-facteur enzymatique

Les chylomicrons ont une durée de vie très courte dans la circulation sanguine

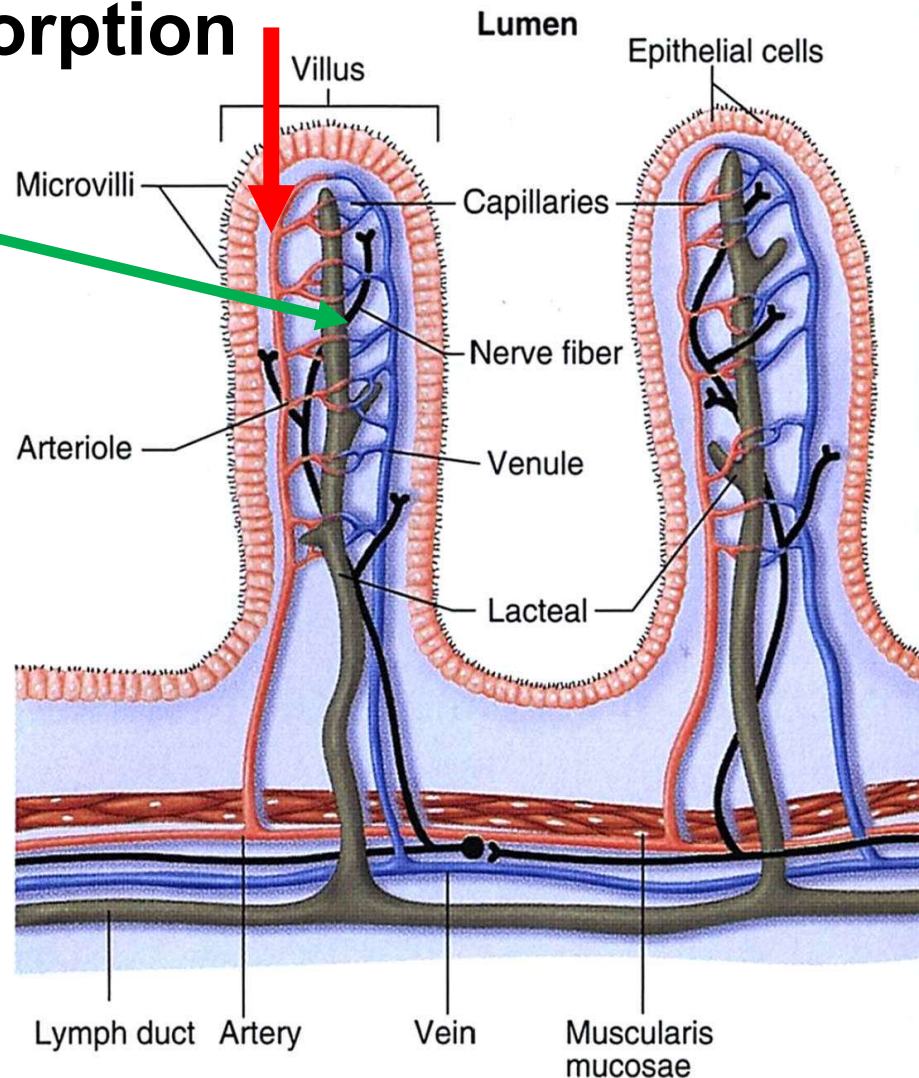
Les chylomicrons sont transportés hors de l'intestin par les vaisseaux lymphatiques

Absorption

chylomicrons

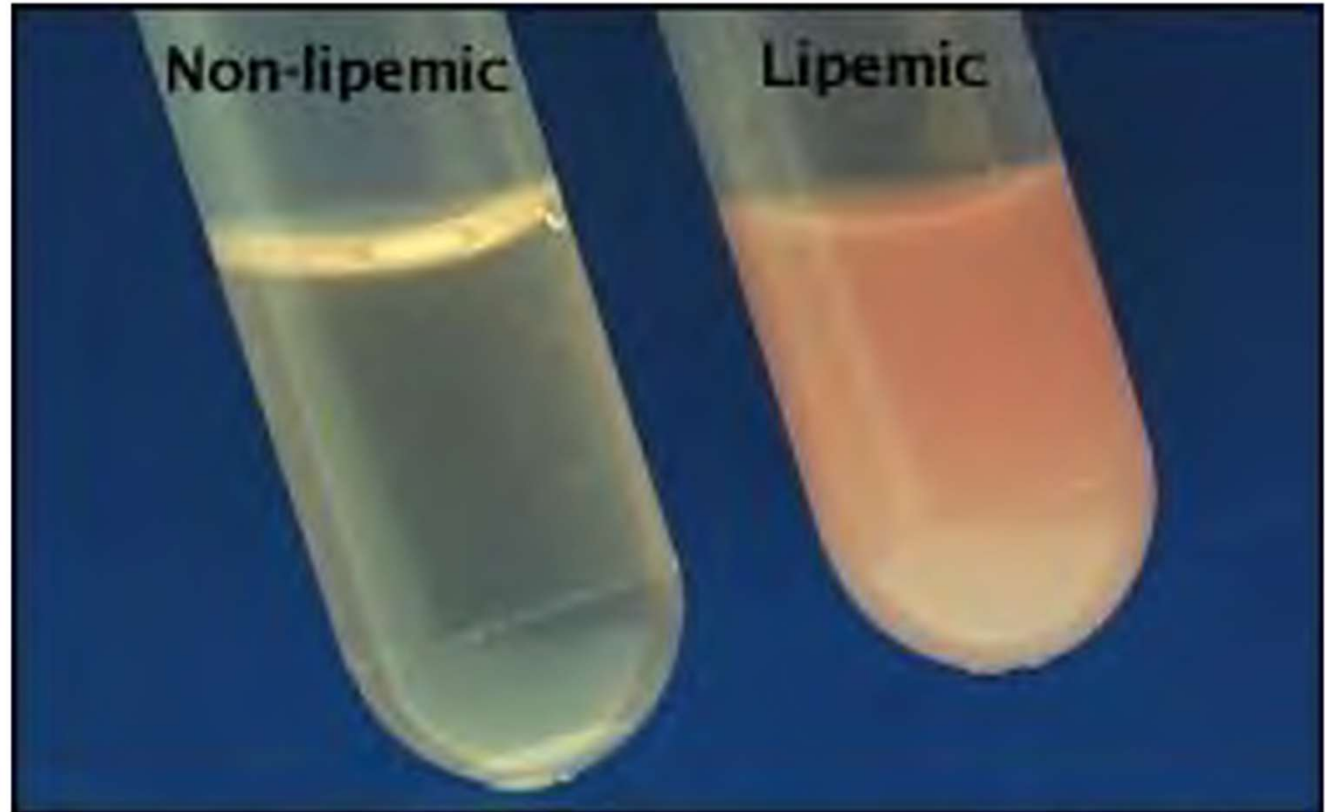
Les muqueuses digestives sont très vascularisées (cf cours C. Dibner)

Les chylomicrons entrent dans la **circulation lymphatique** (lactéals ou vaisseaux chylifères = capillaires lymphatiques) et se déverseront dans le sang veineux par l'intermédiaire du canal thoracique



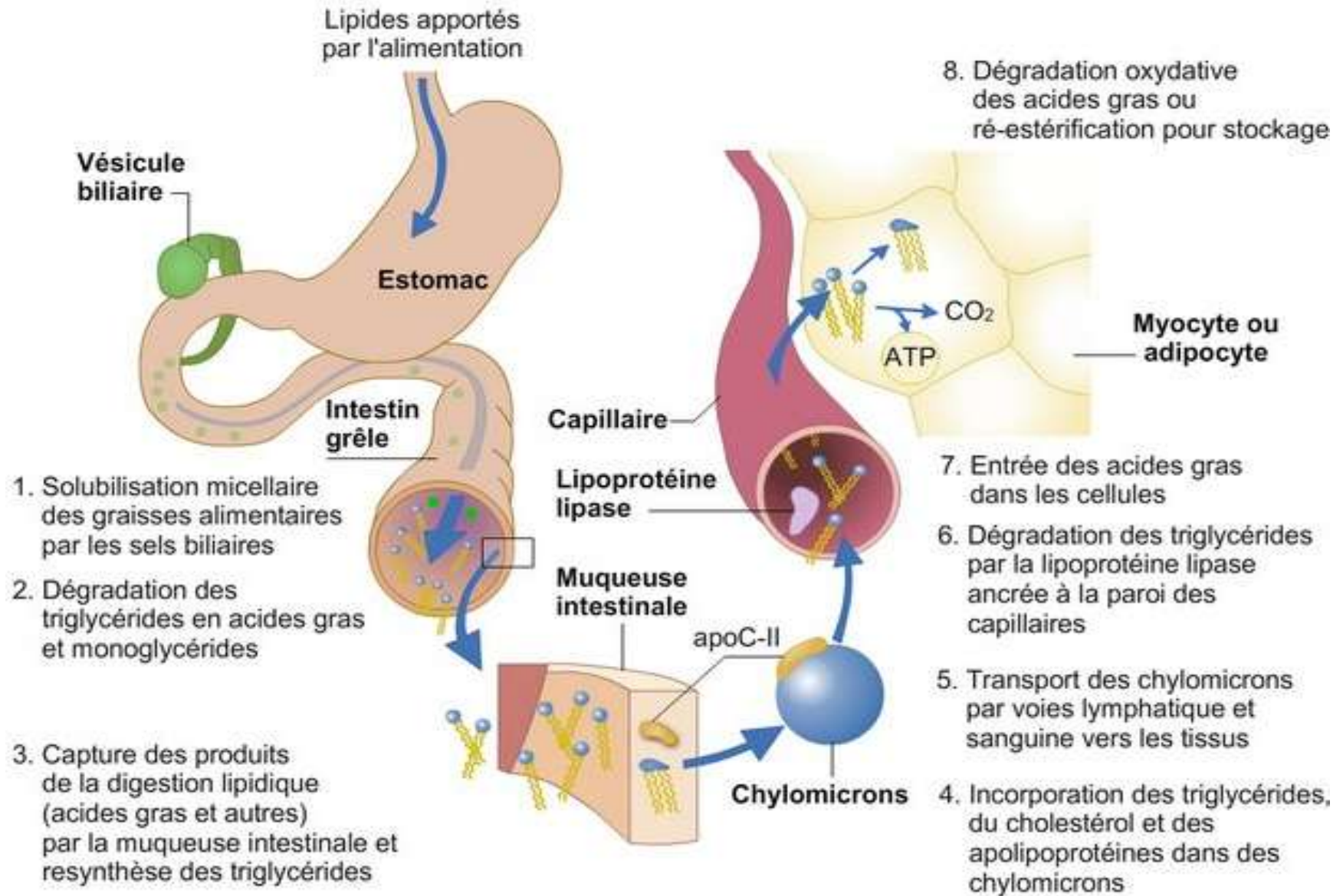
Lactescence de la lymphe en période post-prandiale

Après une:

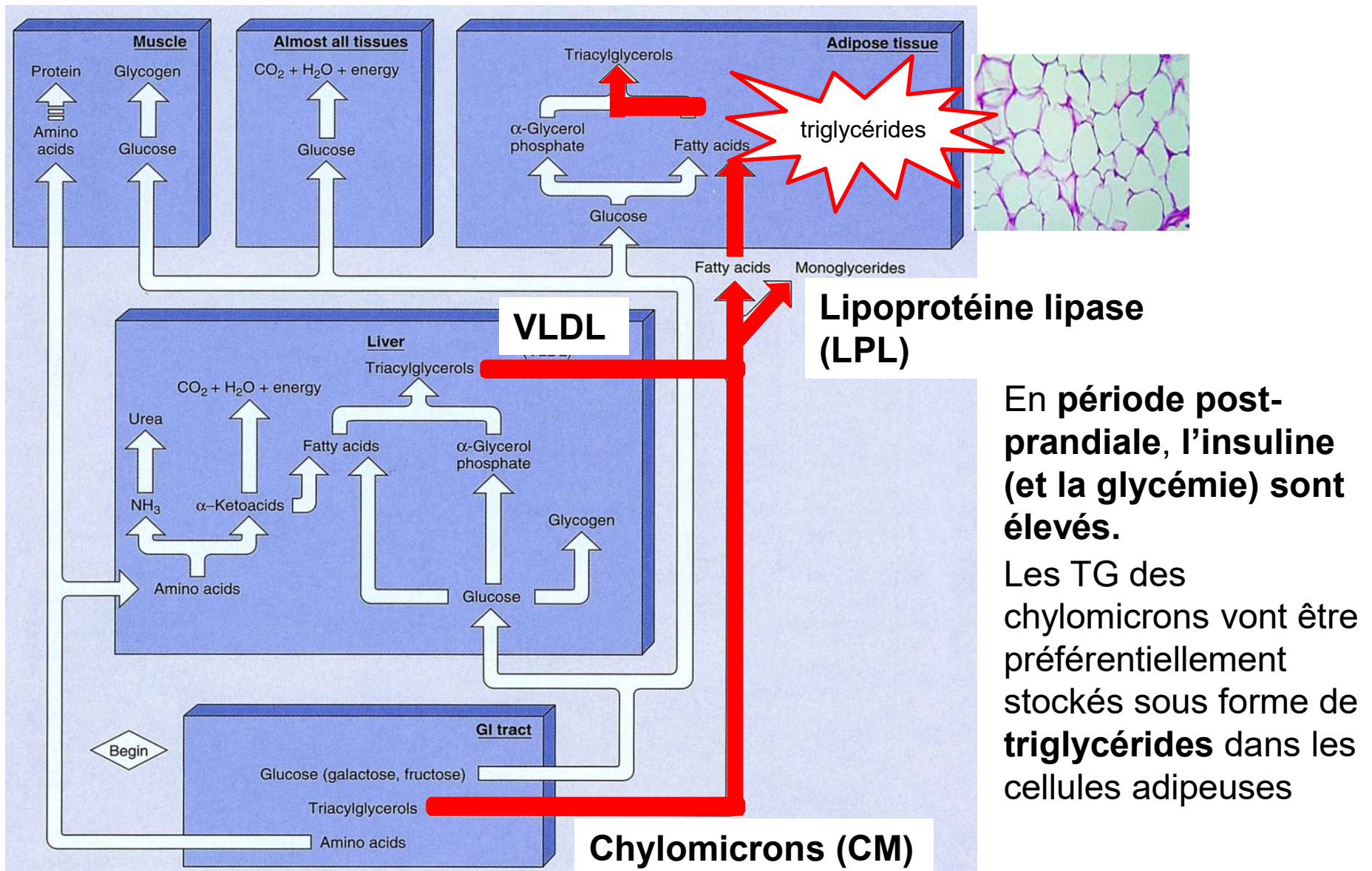


Pour info seulement

Digestion et absorption des lipides



Après leur absorption et passage dans le sang, les lipides sont stockés et utilisés par les différents tissus



En période post-prandiale, l'insuline (et la glycémie) sont élevés.

Les TG des chylomicrons vont être préférentiellement stockés sous forme de **triglycérides** dans les cellules adipeuses



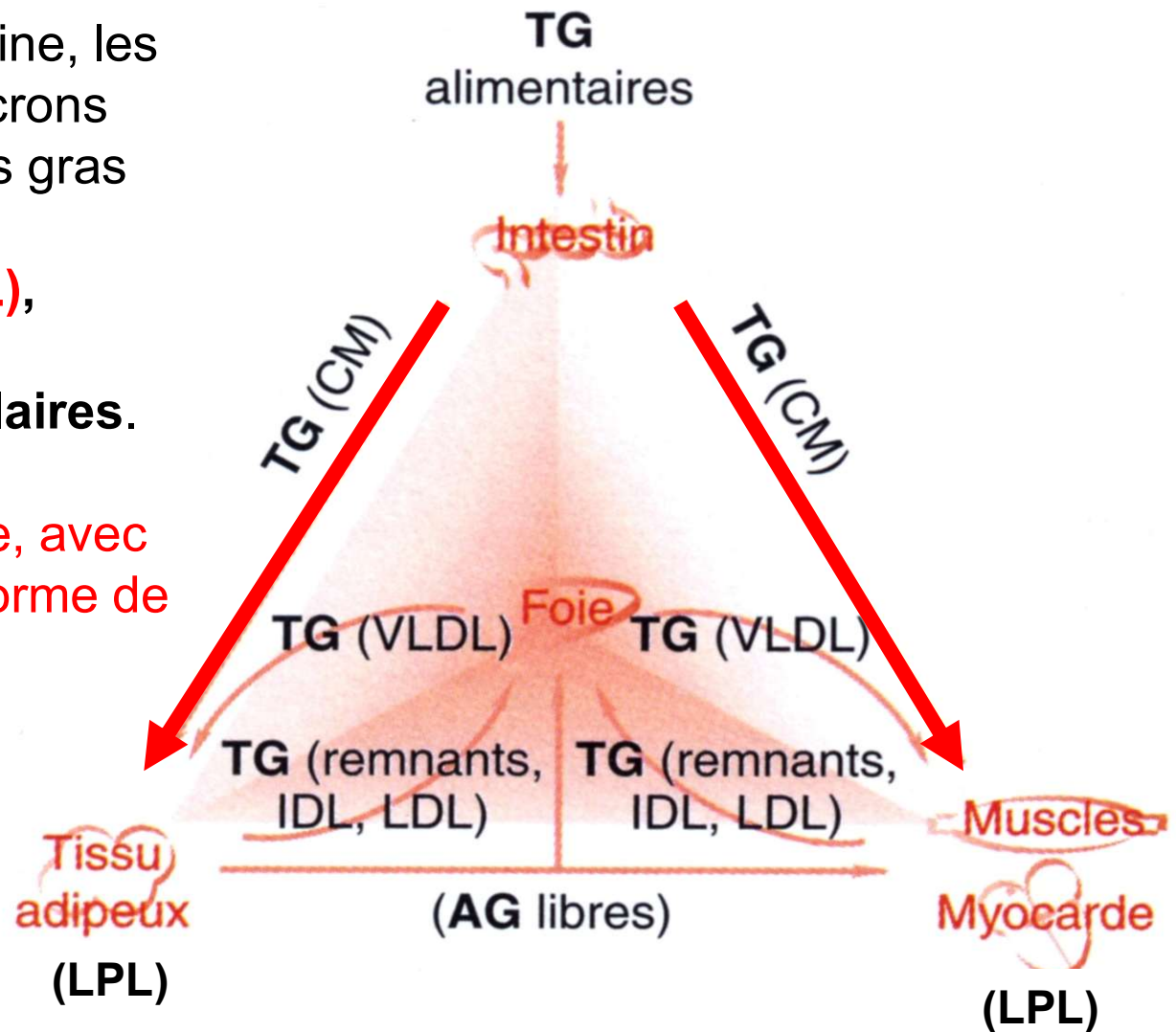
Dans les muscles et le myocarde, les acides gras des chylomicrons sont utilisés comme substrat énergétique

(cours Prof. P. Maechler)

Dans la circulation sanguine, les triglycérides des chylomicrons sont hydrolysés en acides gras libres et glycérol par la **lipoprotéine lipase (LPL)**, associée à la **surface de l'endothélium des capillaires**.

En période post-prandiale, avec insuline: stockage sous forme de TG dans le tissu adipeux

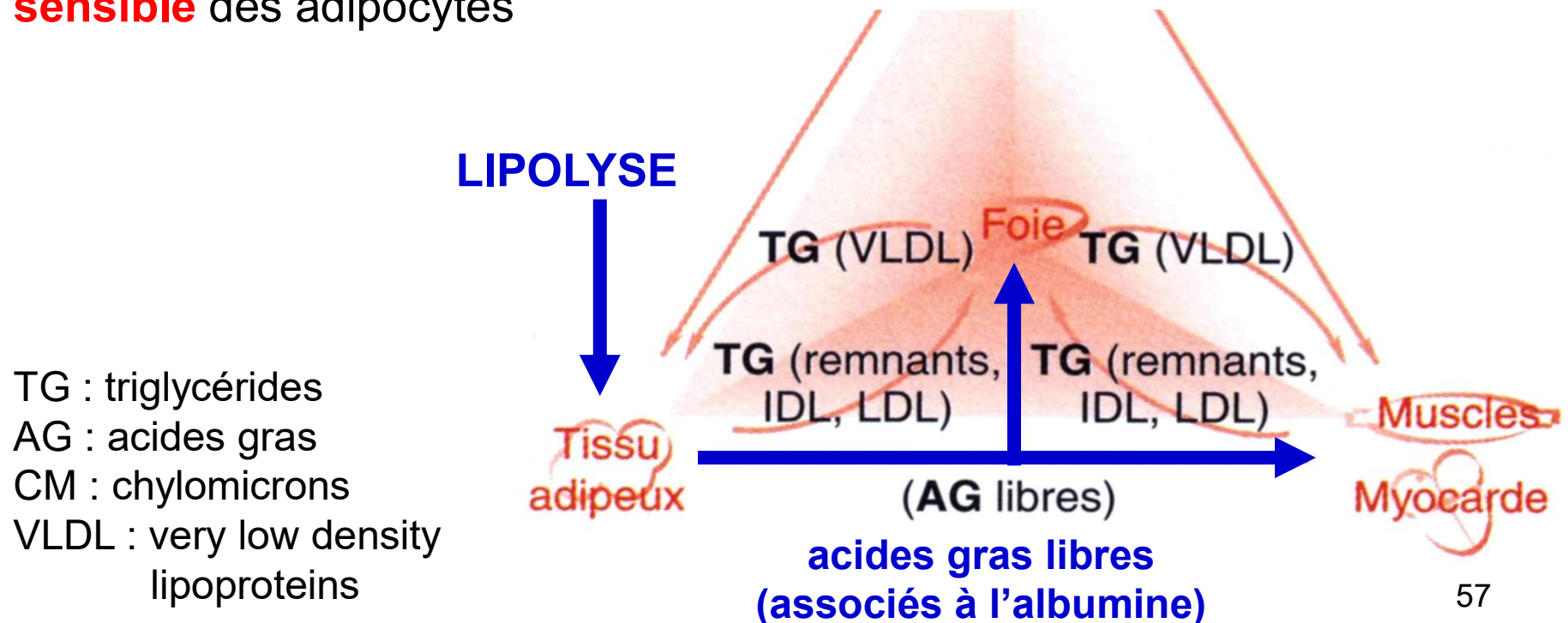
TG : triglycérides
AG : acides gras
CM : chylomicrons
VLDL : very low density lipoproteins





Lors du jeûne, les acides gras sont utilisés comme substrat énergétique (cours Prof. P. Maechler)

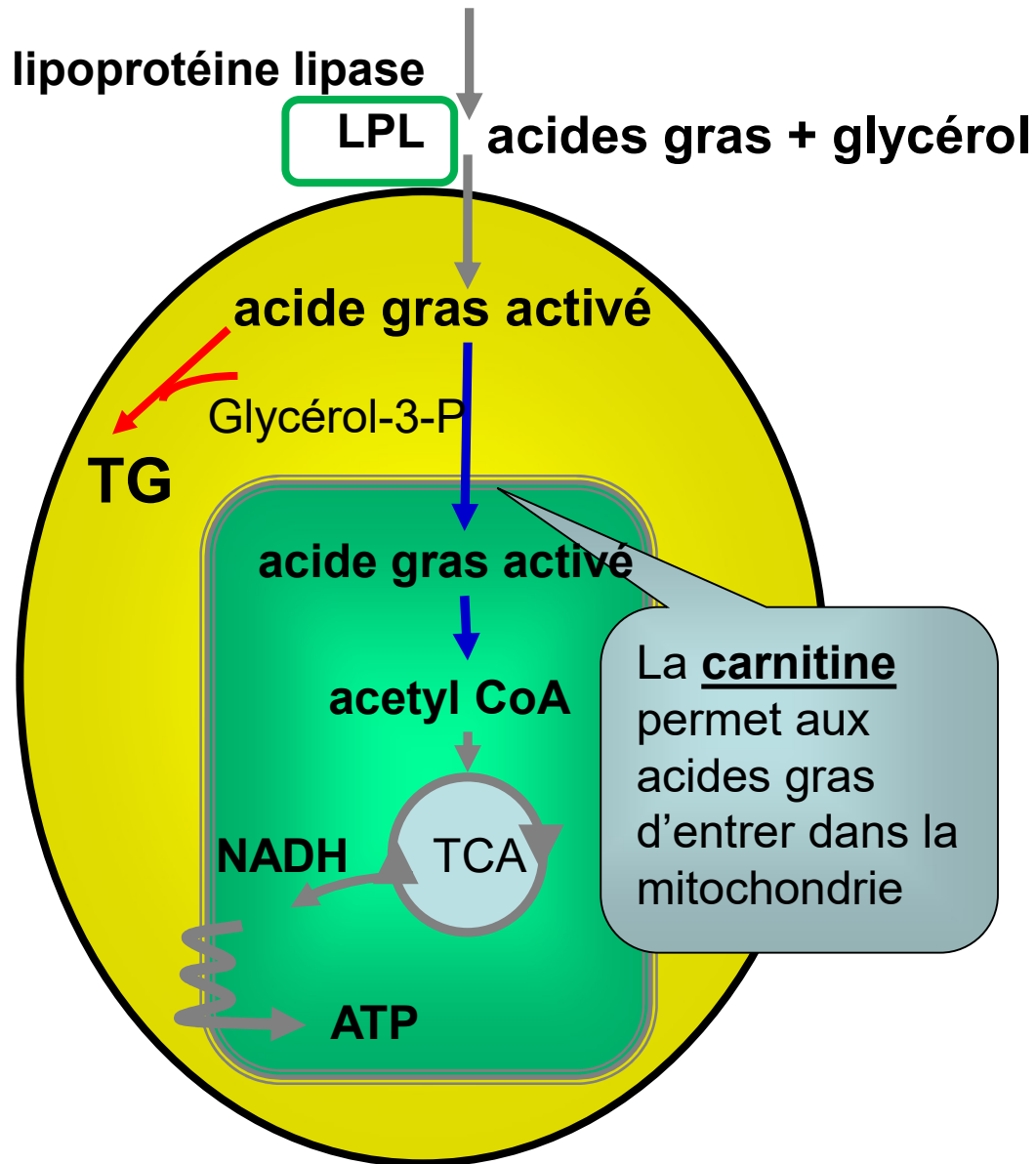
Avec la **baisse de l'insuline** (et augmentation des hormones de contre-régulation de l'insuline), les TG sont hydrolysés en **acides gras libres et glycérol** par la **lipase intracellulaire hormone-sensible** des adipocytes



Oxydation des acides gras

(cours Prof. P. Maechler)

Triglycérider (CM et VLDL)



Oxydation des acides gras principalement dans le cœur, les muscles et le foie

Les acides gras sont dégradés dans la mitochondrie par la beta-oxydation (élimination séquentielle de 2 unités carbonées, produisant de l'acétyl CoA)

Dans la **mitochondrie** l'oxydation nette d'une molécule d'acide palmitique produit 129 ATP



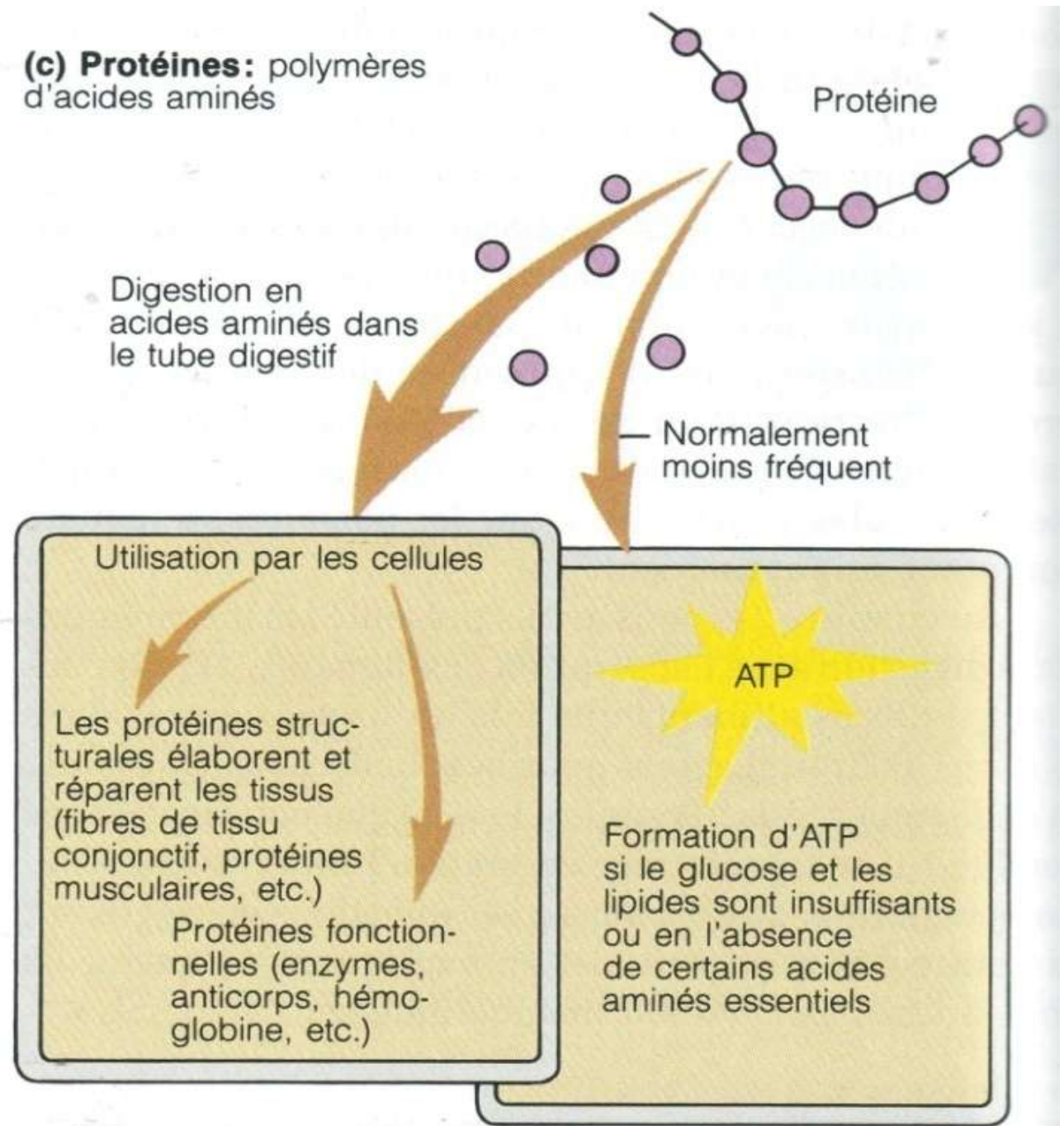
Utilisation des principaux nutriments par les cellules de l'organisme

Protéines



20% de l'apport énergétique total (~ 0.8 g/kg poids corporel)

(c) **Protéines:** polymères d'acides aminés

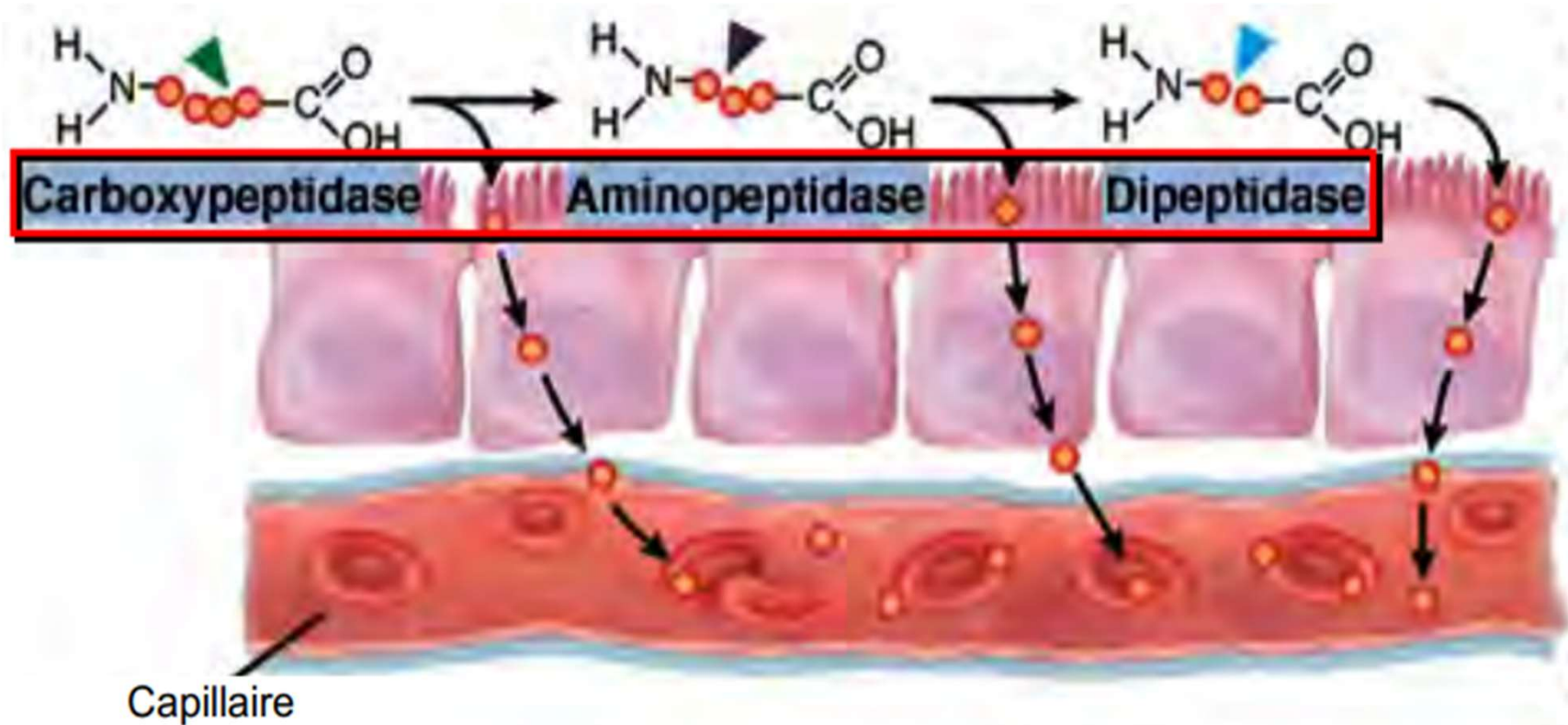




Séquence et sites de la digestion des protéines

Site d'action	Enzyme & source	Aliments
Estomac	Pepsine (cellules principales des glandes gastriques) et présence de HCl	Protéine ↓ Gros polypeptides
Intestin grêle	Enzymes pancréatiques: trypsine, chymotrypsine, carboxypeptidase	↓ Petits polypeptides
Intestin grêle	Enzymes intestinales de la bordure en brosse: entérokinase, dipeptidase et aminopeptidase	↓ Acides aminés, (quelques dipeptides et tripeptides)

Digestion des protéines et absorption des a.a.



Enzymes de la bordure en brosse ou pancréatiques:

→ production d'acides aminés absorbés par l'entérocyte

Carboxypeptidase: hydrolyse les polypeptides en enlevant un a.a. à l'extrémité C-terminale

Aminopeptidase: hydrolyse les polypeptides en enlevant un a.a. à l'extrémité N-terminale

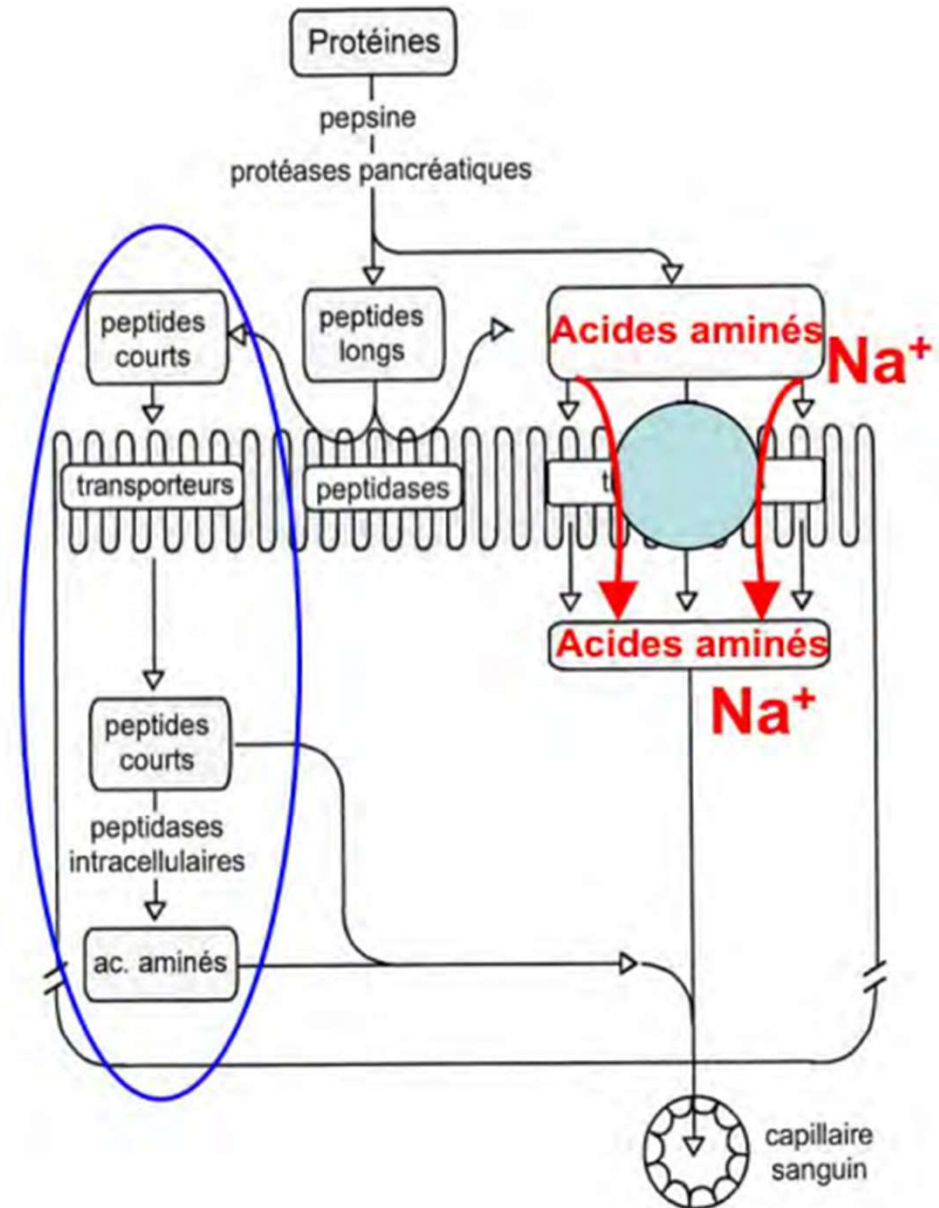
Dipeptidase: hydrolyse les dipeptides en deux a.a.



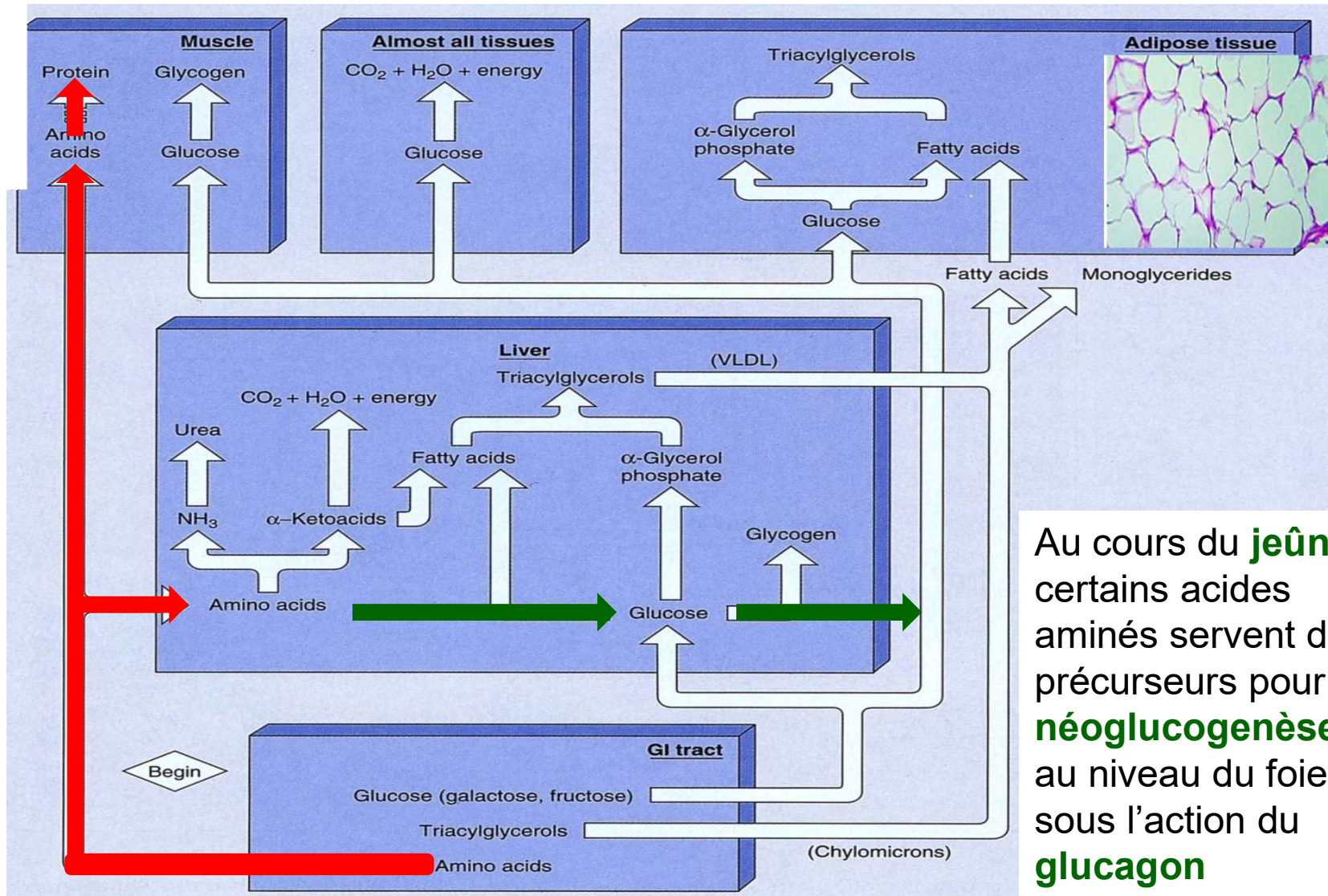
Absorption des a.a. par des transporteurs spécifiques

- **Acides aminés libres** absorbés par:
 - **co-transport avec le Na⁺**
(transport actif secondaire)
 - **transporteurs adaptés selon charge a.a**
(diffusion facilitée)

- **Dipeptides et tripeptides:**
transport actif tertiaire (grâce à gradient H⁺
qui dépend gradient Na⁺)
hydrolysés en a.a. par
peptidases intracellulaires



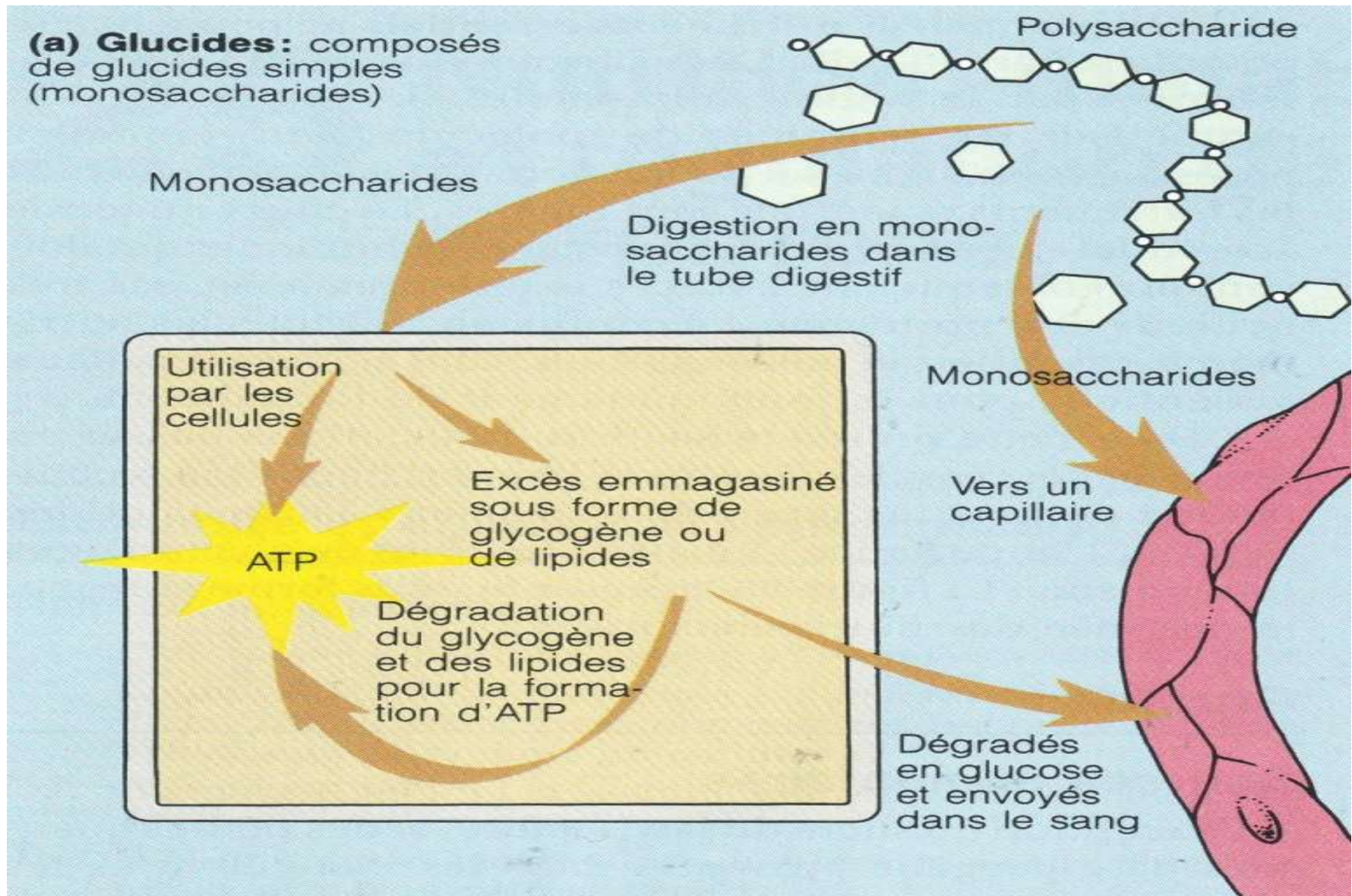
Les acides aminés provenant de l'alimentation sont utilisés par les différents tissus, principalement pour la synthèse de protéines



Au cours du **jeûne**, certains acides aminés servent de précurseurs pour la **néoglucogenèse** au niveau du foie sous l'action du **glucagon**





Utilisation du glucose par les cellules de l'organisme

50-55% de l'apport énergétique total





Glucides de l'alimentation

Polysaccharides (polymère du glucose)	Amidon	Cellules végétales	
	Glycogène	Cellules animales	
	Cellulose	<ul style="list-style-type: none">• Mammifères n'ont pas de cellulase → pas absorbée• Constitue les fibres non digérées → ballast intestinal, (↗ volume des selles et améliore l'efficacité des contractions)	
Disaccharides	Sucrose = saccharose	Glucose - fructose	
	Lactose	Glucose - galactose	
	Maltose	Glucose - glucose	
Monosaccharides	Glucose		
	Fructose		
	Galactose		



Séquence et sites de la digestion des glucides

Site d'action	Enzyme et sources	Glucides
Bouche	Amylase salivaire	Lactose Amidon Saccharose
Intestin grêle	Amylase pancréatique	Lactose Maltose Saccharose
Intestin grêle	Enzymes intestinales (de la bordure en brosse) : lactase maltase saccharase	Galactose Glucose Fructose

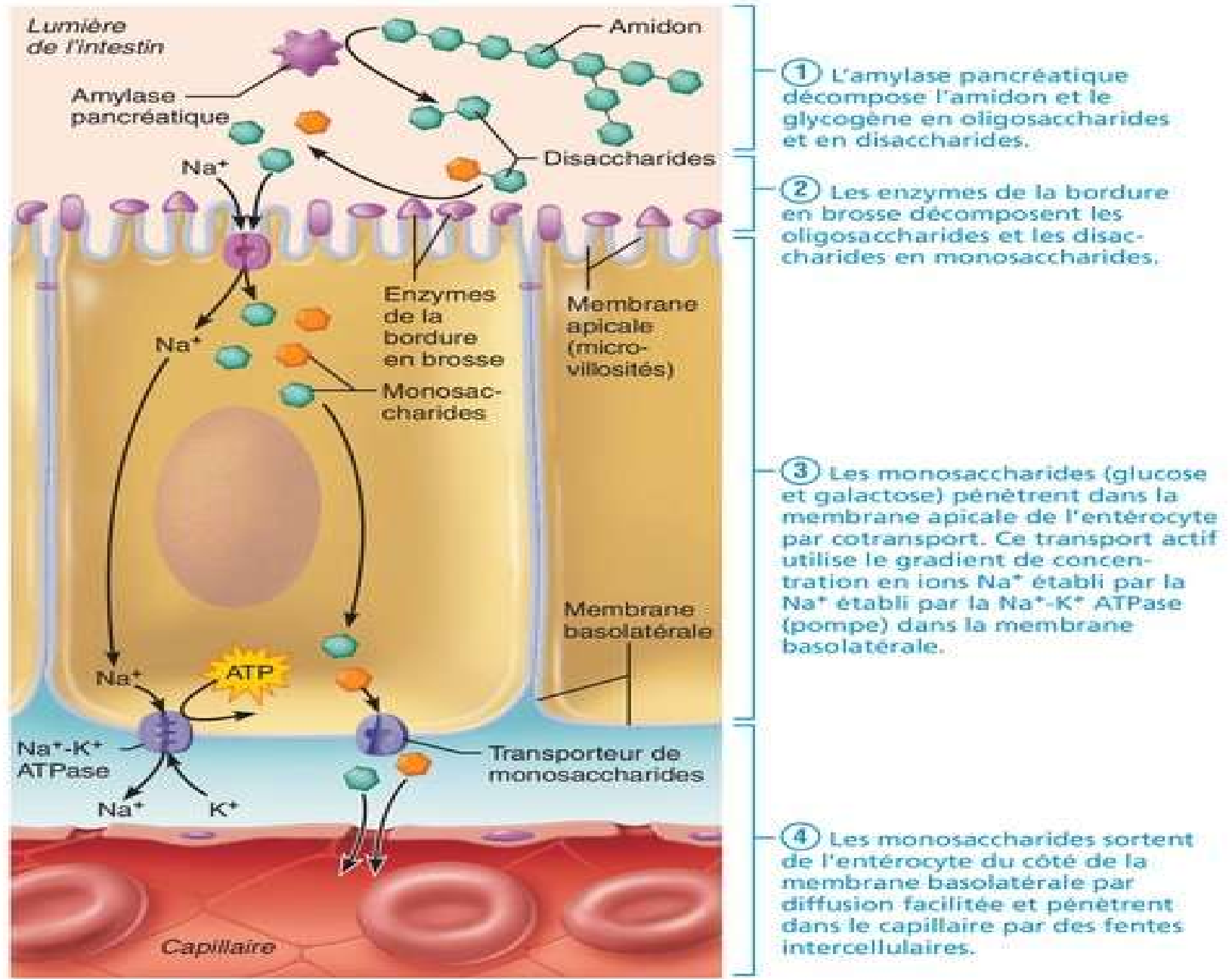
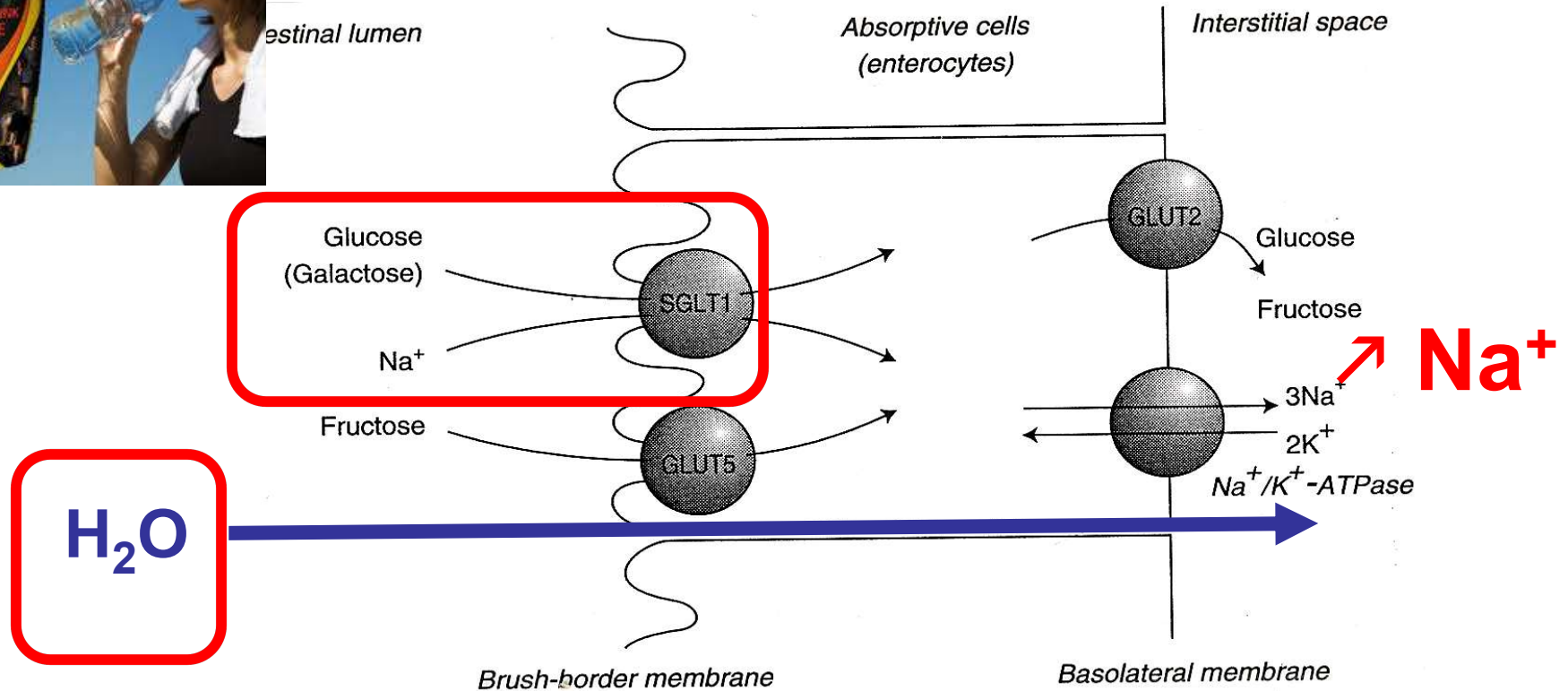


Figure 23.37 Digestion des glucides et absorption des monosaccharides dans l'intestin grêle.



Absorption d'eau par transport secondairement actif de glucose dans l'entérocyte par co-transporteur de glucose Na⁺ dépendant (SGLT1)



Le transport de glucose s'accompagne d'un co-transport de Na (2 Na⁺/glucose)

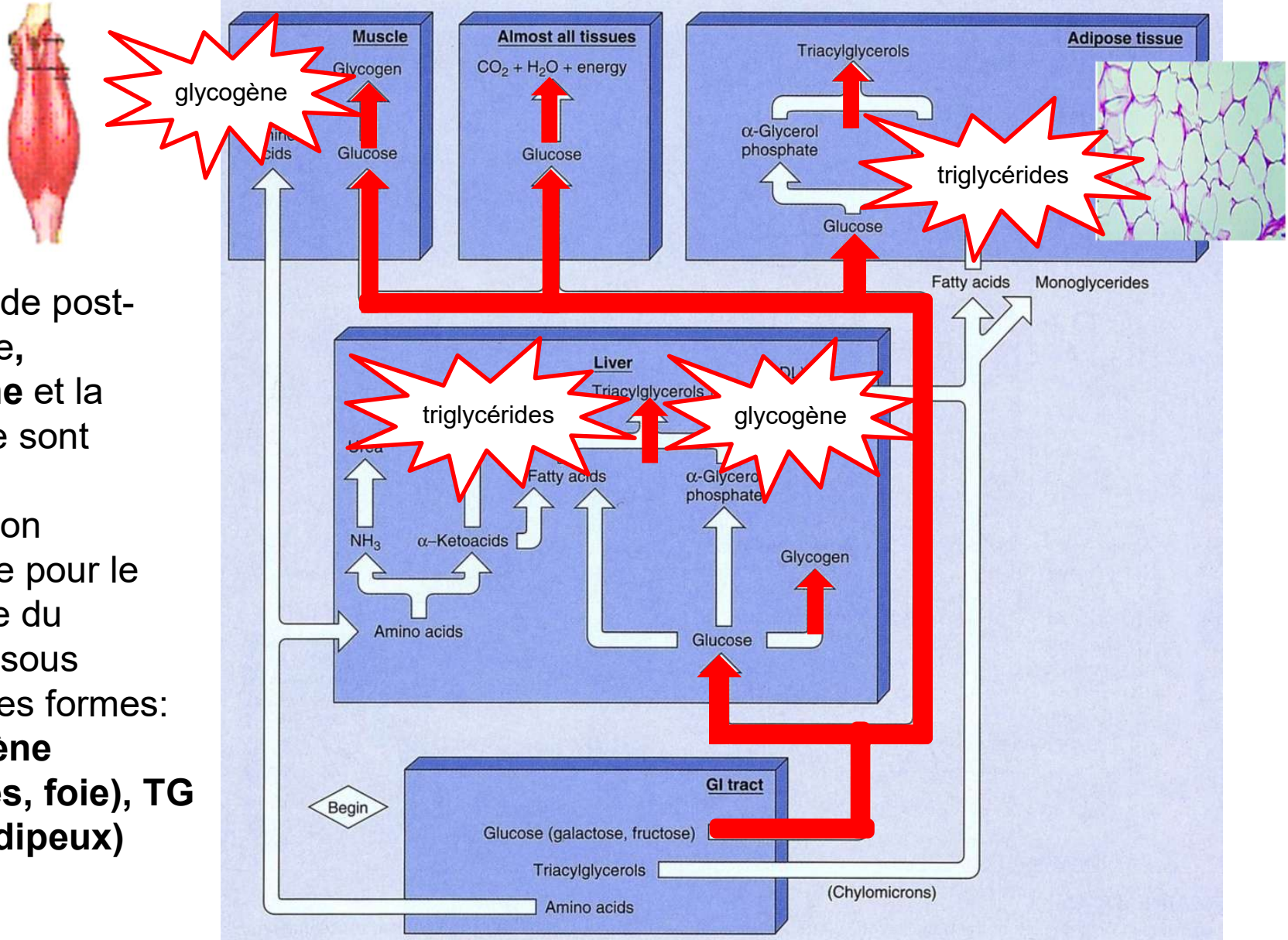
⇒ **augmentation de Na⁺ intracellulaire**

Le Na⁺ est expulsé de l'entérocyte par **une Na⁺/K⁺ ATPase** située sur le côté baso-latéral, 3 Na⁺ sortent pour 2 K⁺ entrant

L'augmentation de Na⁺ dans l'espace interstitiel va augmenter la pression osmotique et créer un appel d'eau. Passage paracellulaire d'eau, les jonctions serrées sont perméables à eau

Mécanisme important dans la réhydratation

Dans le sang, le glucose provenant de la digestion sera utilisé par les différents tissus

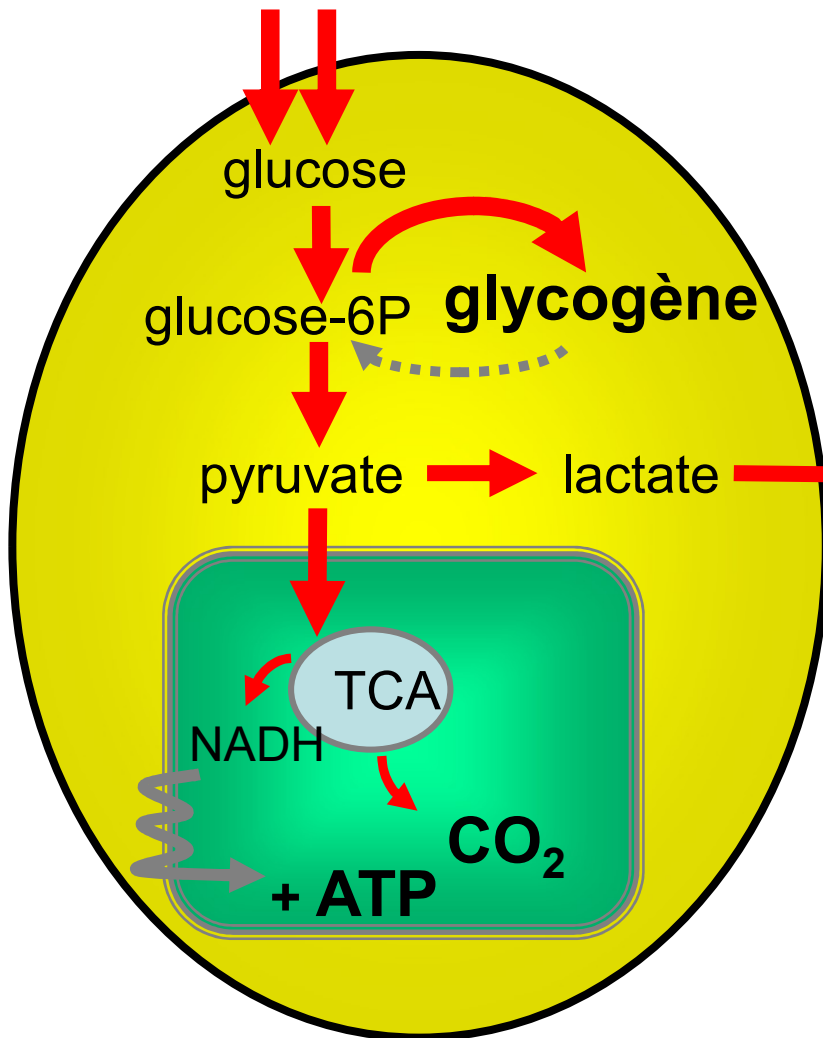


En période post-prandiale, l'insuline et la glycémie sont élevés
 ⇒ Situation favorable pour le stockage du glucose sous différentes formes:
Glycogène (muscles, foie), **TG** (tissu adipeux)

Utilisation du glucose par le muscle: effets de l'insuline



glucose



Dans le muscle, l'insuline:

- augmente le **transport de glucose** (GLUT4)
- augmente la **synthèse de glycogène** (glycogène synthase)
- augmente la **glycolyse** (effet de masse)

lactate

Autres effets de l'insuline:

- augmente la **synthèse des protéines**
- diminue leur dégradation (catabolisme)
- active la pompe Na⁺/K⁺ ATPase

En résumé, l'absorption des nutriments par le système digestif:

- Est très efficace
- Tous les nutriments sont absorbés
- A un certain **coût énergétique** (il faut de l'ATP) dû aux:
 - sécrétions
 - mouvements, contractions, péristaltisme etc.
 - transports de ions, de nutriments, etc
 - re-synthèse après absorption (lipides et triglycérides, glycogène, protéines)
 - renouvellement de la muqueuse (épithélium)