

Chapitre 2

Le système digestif

Table des matières

I – Vue d'ensemble de l'appareil digestif	2
A – Anatomie ***	2
B – Les tissus épithéliaux et les tissus des organes digestifs.....	6
II – Evénements mécaniques de la digestion	9
A – Prise de nourriture.....	9
1- Dents ***	9
2- Contrôle de la prise de nourriture	9
B – Motricité du tube digestif et son contrôle.....	10
III – Evénements chimiques de la digestion.....	12
A – Digestion chimique **	12
B – Absorption ***	15
IV – Les réserves du corps **	18
A – Nature et localisation des réserves	18
1 – Polysaccharides : le glycogène	18
2 – Lipides : les triglycérides	18
3 – Protéines	19
4 – Autres types de réserves : synthèse.....	20
B – Mise en réserve et son contrôle.....	20
C - Signification biologique	22
Conclusion.....	24
Bibliographie	25

Le système digestif joue un rôle essentiel dans notre corps en nous permettant de transformer les aliments que nous consommons en nutriments utilisables par les cellules. Il comprend une série d'organes interconnectés, tels que la bouche, l'œsophage, l'estomac, l'intestin grêle, le côlon et le rectum, qui travaillent en harmonie pour effectuer la digestion et l'absorption des nutriments. Ce chapitre explorera en détail le fonctionnement du système digestif, mettant en évidence les processus complexes impliqués dans la digestion des aliments, l'absorption des nutriments et la régulation de ces processus. Nous examinerons également les diverses structures et fonctions des organes digestifs, ainsi que les mécanismes de contrôle qui assurent une digestion efficace. Comprendre le système digestif est essentiel pour maintenir une alimentation saine et comprendre les troubles digestifs qui peuvent survenir.

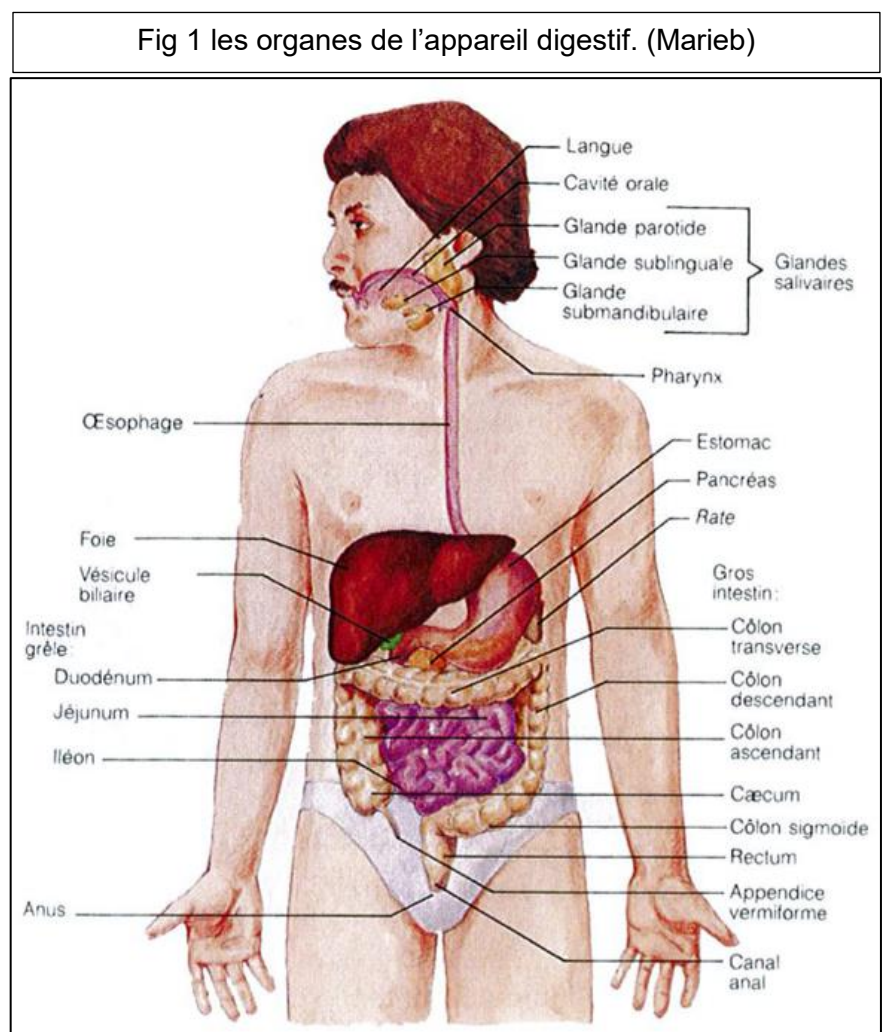
I – Vue d'ensemble de l'appareil digestif

A – Anatomie ***

L'appareil digestif chez l'être humain se compose de deux parties principales : le tube digestif et les glandes annexes. Le tube digestif est un canal musculaire qui s'étend de la bouche à l'anus et contient plusieurs organes qui participent à la digestion et à l'absorption des nutriments. Les glandes annexes produisent des enzymes digestives et des sécrétions qui aident à la digestion des aliments.

Le tube digestif se compose de plusieurs organes :

1. La bouche : où commence le processus de digestion grâce aux dents et la salive.
2. Le pharynx : le passage par lequel la nourriture descend pour atteindre l'œsophage.
3. L'œsophage : un tube musculaire qui transporte les aliments de la bouche à l'estomac.
4. L'estomac : un sac musculaire qui aide à décomposer les aliments avec l'acide gastrique et les enzymes.
5. Le pancréas : glande exocrine qui produit des enzymes digestives qui aident à la digestion des graisses, des protéines et des glucides.
6. Le foie : glande capable de synthétiser la bile, nécessaire à l'émulsion des graisses pour être digérées.
7. La vésicule biliaire : où se stocke la bile avant qu'elle ne soit libérée dans l'intestin grêle.
8. L'intestin grêle : où a lieu la majeure partie de l'absorption des nutriments.
9. Le côlon : lieu de récupération des résidus alimentaires jusqu'à leur élimination.
10. Le rectum et l'anus : pour l'expulsion des matières fécales.



Les glandes annexes sont :

11. Les glandes salivaires : qui produisent la salive qui contient des enzymes qui aident à la décomposition des glucides.
12. Les glandes gastriques : qui produisent l'acide gastrique, nécessaire à la digestion des protéines.
13. Les glandes pancréatiques : qui produisent des enzymes digestives nécessaires à la dégradation des aliments.
14. Les glandes hépatiques : qui produisent la bile qui aide à l'émulsification et l'absorption des graisses dans l'intestin grêle.

En somme, le tube digestif et les glandes annexes travaillent ensemble pour effectuer la digestion et l'absorption des aliments, afin d'obtenir les nutriments nécessaires au fonctionnement du corps.

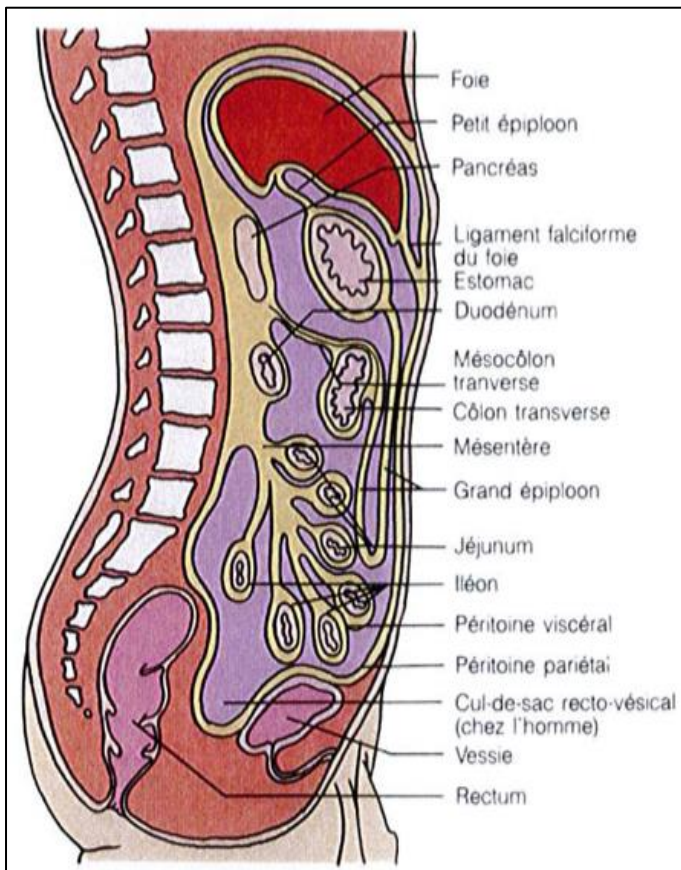


Fig 2a coupe sagittale de la cavité abdomino-pelvienne chez l'homme, montrant les relations entre les points d'attache péritonéaux. (Marieb)

Fig 3 Anatomie de la cavité buccale. (Marieb)

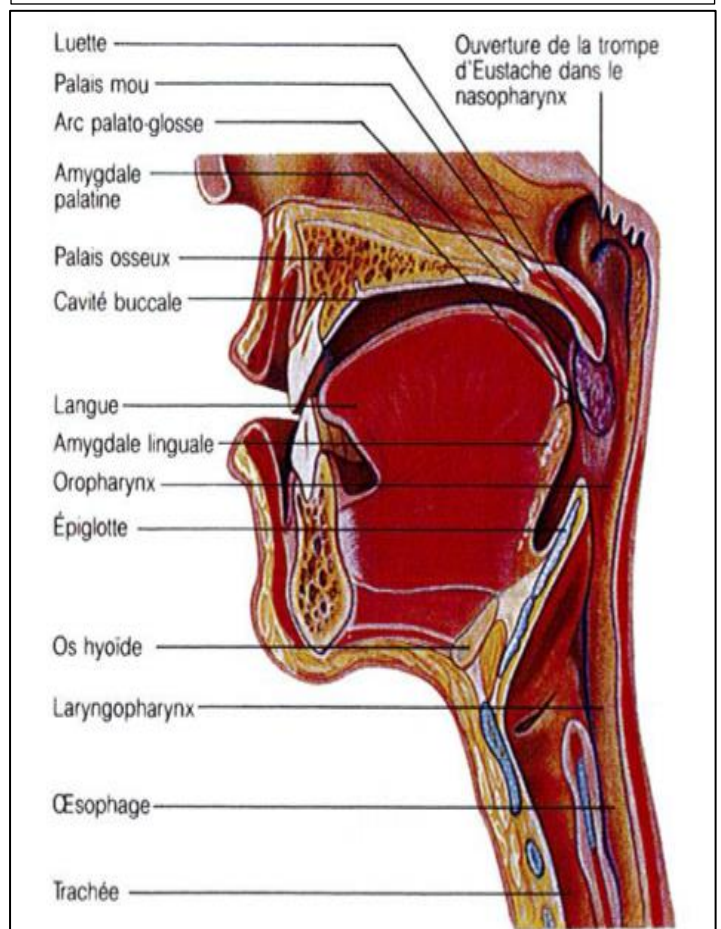


Fig 4 Anatomie de l'estomac. (Marieb)

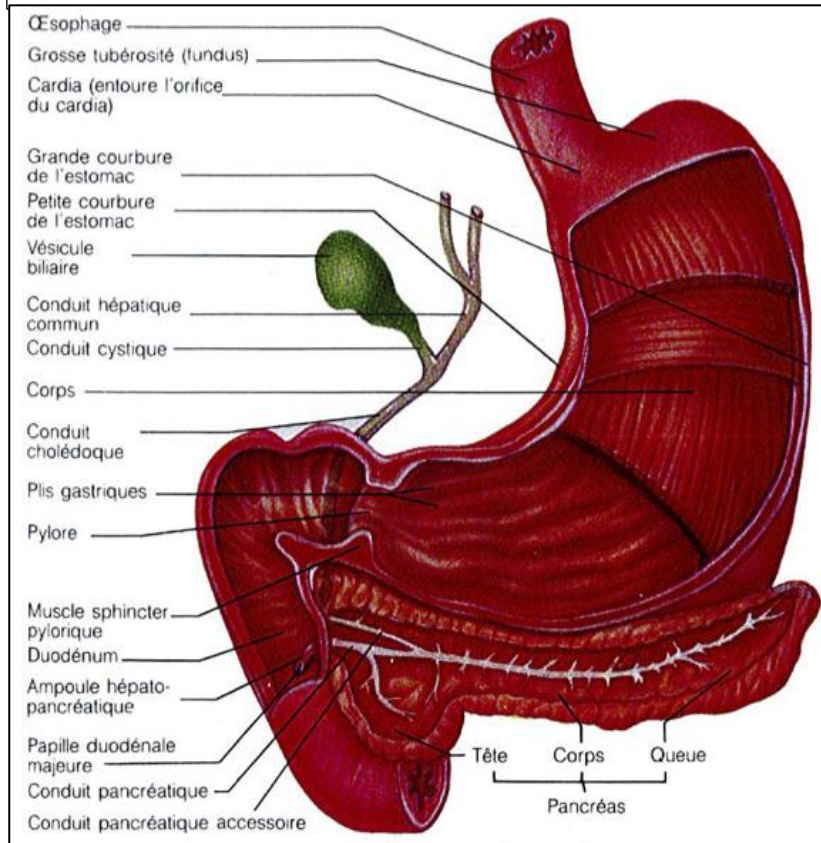


Fig 5 Anatomie du gros intestin. (Marieb)

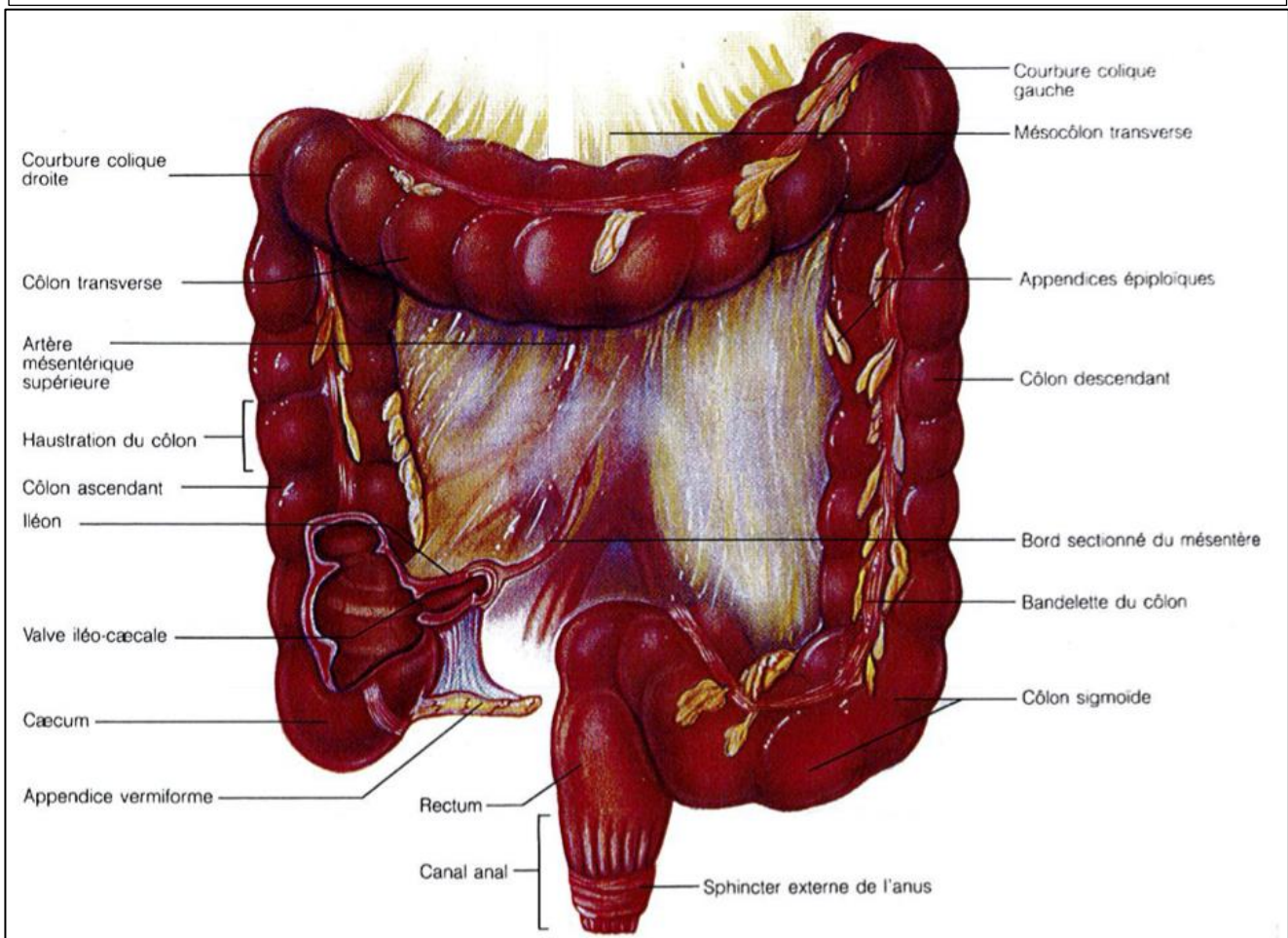


Fig 6 Principaux glandes salivaires. (a) Glandes salivaires parotide, submandibulaire et sublinguale appartenant à la partie gauche de la cavité orale, (b) Photomicrographie de la glande salivaire sublinguale (X75), qui est une glande salivaire mixte composée principalement de cellules qui élaborent la mucine (blanches) et de quelques unités qui sécrètent un liquide séreux (violette). (Marieb)

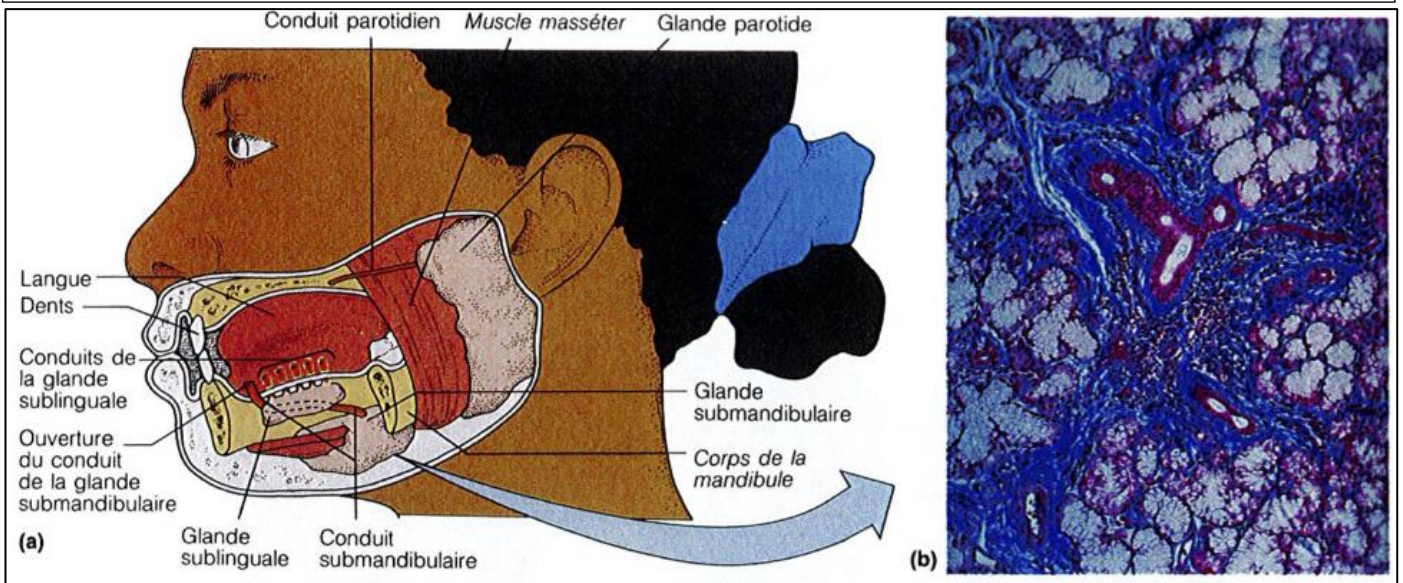
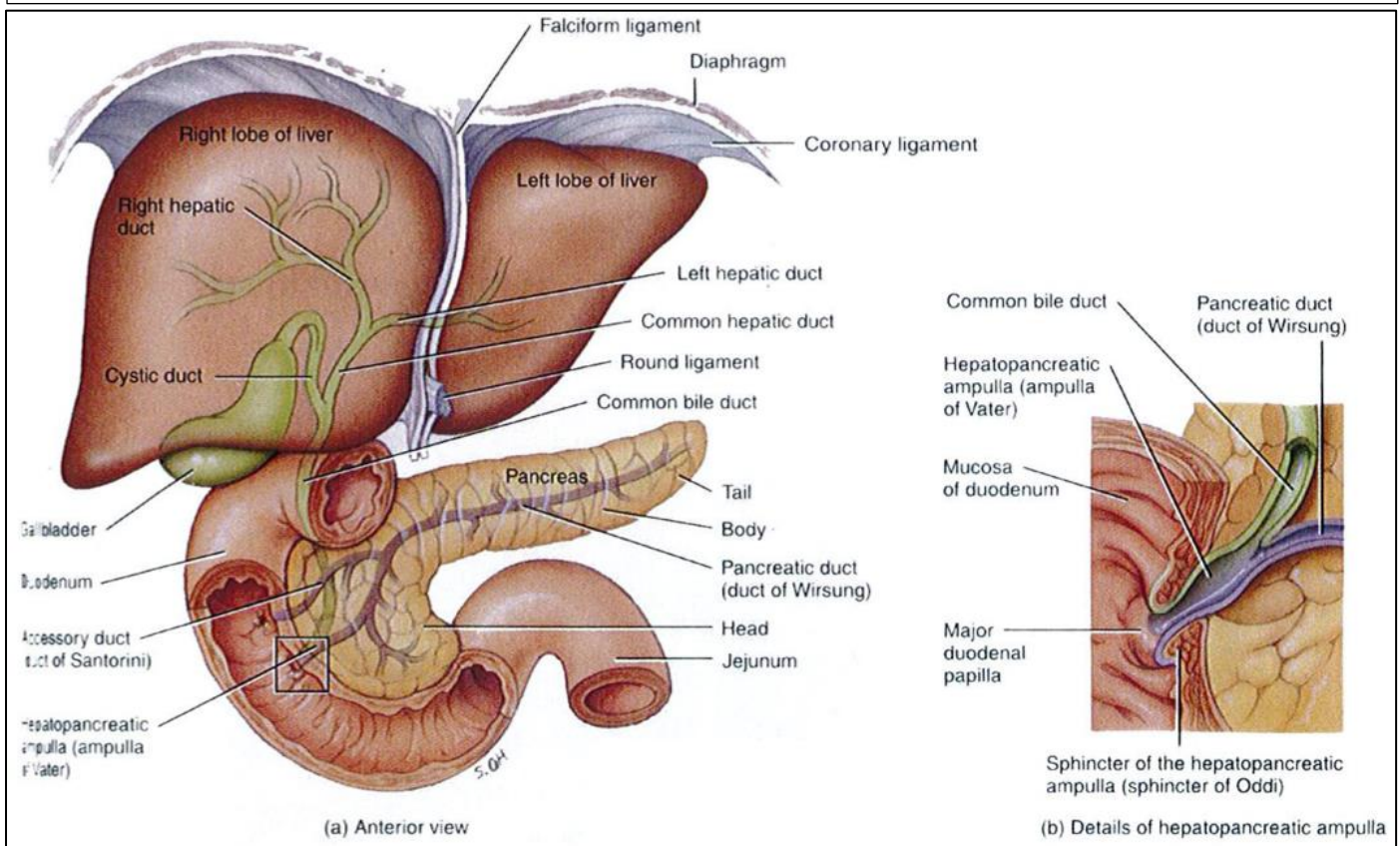


Fig 7 Foie et pancréas : relations avec l'intestin grêle. (Tortora)



B – Les tissus épithéliaux et les tissus des organes digestifs

Les tissus épithéliaux du corps humain sont des tissus spécialisés qui recouvrent les surfaces externes du corps, les cavités internes et les organes. Ils jouent un rôle crucial dans la protection, l'absorption, la sécrétion et la barrière de perméabilité sélective. Les différents types de tissus épithéliaux présents dans le système digestif comprennent :

1. L'épithélium de revêtement : c'est l'épithélium le plus commun dans le système digestif, présent dans les organes tels que l'œsophage, l'estomac et l'intestin. Il est composé de cellules épithéliales minces et plates, qui fournissent une surface de revêtement protectrice et participent à l'absorption des nutriments.
2. L'épithélium de revêtement stratifié : On le trouve dans des zones soumises à un stress mécanique important, comme l'œsophage. Il est composé de plusieurs couches de cellules épithéliales, offrant une protection accrue contre l'usure et les déchirures.
3. L'épithélium glandulaire : Il est présent dans les glandes digestives telles que le pancréas et les glandes salivaires. Les cellules épithéliales glandulaires sont spécialisées dans la sécrétion de substances telles que les enzymes digestives, les acides gastriques et les hormones (voir fig 9a).
4. L'épithélium de revêtement cilié : On le trouve principalement dans la région supérieure des voies respiratoires, mais il s'étend également jusqu'à la gorge et l'œsophage. Il est caractérisé par la présence de cils microscopiques qui aident à éliminer les particules étrangères et à propulser le mucus produit vers l'extérieur.
5. L'épithélium de revêtement muqueux : C'est un type d'épithélium qui recouvre l'intérieur de l'estomac et de l'intestin grêle. Il est spécialisé dans l'absorption des nutriments issus de la digestion et contient des structures en forme de doigt appelées villosités, qui augmentent la surface d'absorption (voir fig 11 et 11bis).

Ces différents types de tissus épithéliaux dans le système digestif présentent des adaptations spécifiques en fonction de la fonction de chaque organe. Par exemple, l'épithélium de revêtement de l'estomac sécrète des enzymes et des acides gastriques pour la digestion, tandis que l'épithélium de revêtement de l'intestin grêle possède des villosités qui augmentent la surface d'absorption des nutriments. L'épithélium de revêtement stratifié de l'œsophage fournit une protection contre les irritants potentiels lors de la déglutition.

La structure de base de la paroi du tube digestif se compose de quatre couches : la muqueuse, la sous-muqueuse, la musculuse et la séreuse.

Fig 8 Structure de base de la paroi du tube digestif. (a) Coupe transversale du tube digestif avec une section de la paroi enlevée pour montrer les plexus nerveux intrinsèques, (b) représentation schématique d'une partie de la coupe transversale de la paroi montrant ses principaux composants et leur disposition. (Marieb)

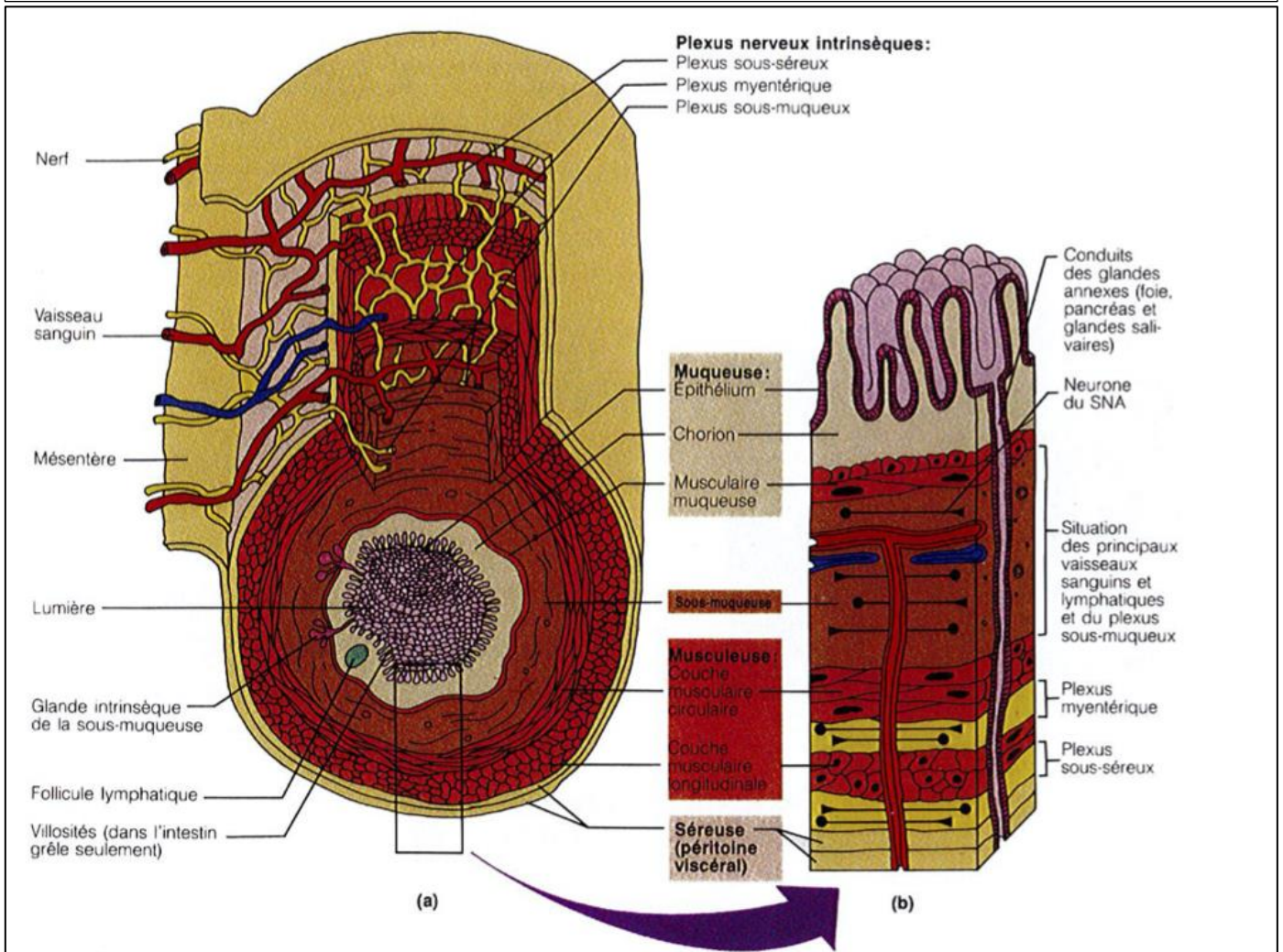


Fig 9a Structure de la paroi de l'estomac. (Calas)

La paroi de l'estomac comprend des glandes en tubes qui comportent plusieurs types cellulaires : des cellules principales, des cellules bordantes et des cellules exocrines.

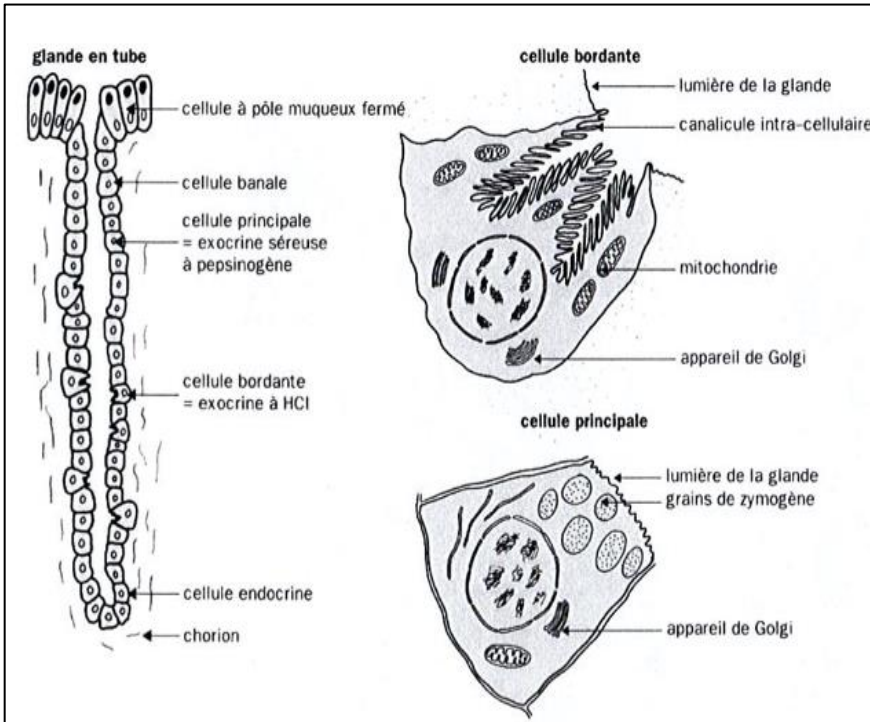


Fig 11bis Images au MEB (a) et au MET (b) d'entérocytes montrant les microvillosités. (Lodish et Vander).

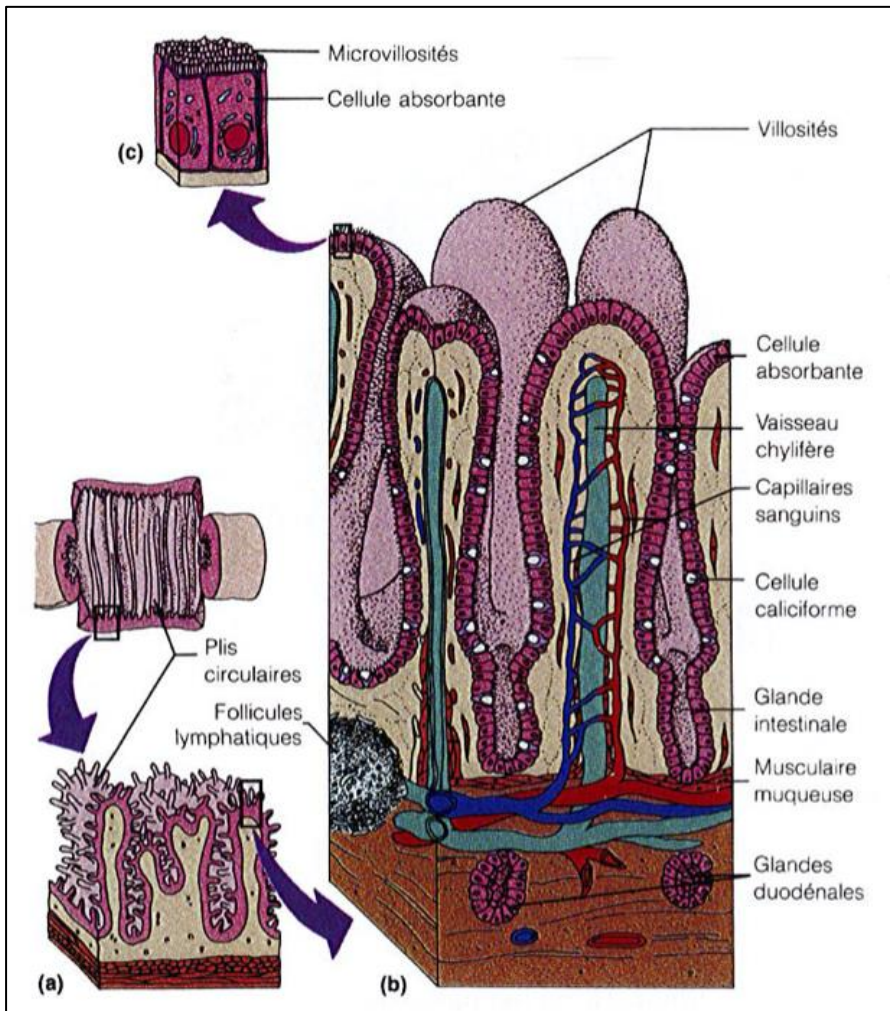
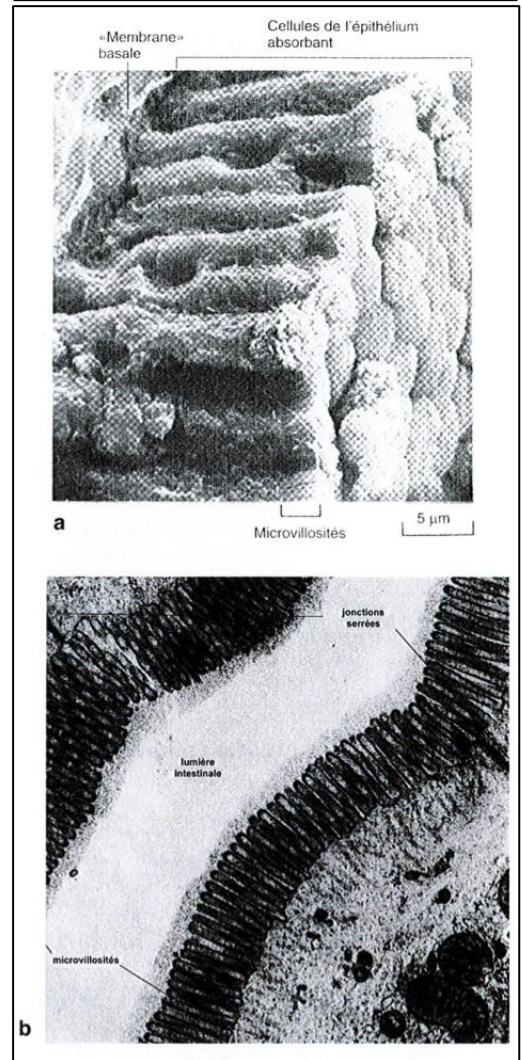


Fig 11 Modifications structurales de l'intestin grêle qui augmentent sa surface pour la digestion et l'absorption (Marieb). (a) Agrandissement de quelques plis circulaires, montrant les villosités associées en forme de doigt. (b) Diagramme de la structure d'une villosité. (c) Deux cellules absorbantes qui présentent des microvillosités sur leur face libre (luminale).

II – Evénements mécaniques de la digestion

A – Prise de nourriture

1- Dents ***

Les dents ont un rôle crucial dans la prise alimentaire chez l'Homme car elles sont les premières à entrer en contact avec les aliments lors de la mastication. Elles permettent de couper, broyer et écraser les aliments pour les rendre plus faciles à avaler et à digérer. Les dents sont également importantes pour la prononciation des mots et pour l'esthétique du sourire.

Les différentes parties d'une dent sont :

- 1- la couronne : c'est la partie visible de la dent qui émerge de la gencive. Elle est recouverte d'émail, la substance la plus dure du corps humain.
- 2- la racine : c'est la partie de la dent qui est insérée dans l'os de la mâchoire. Elle est recouverte d'une substance appelée cément.
- 3- la pulpe : c'est la partie interne de la dent qui contient les nerfs et les vaisseaux sanguins.
- 4- le collet : c'est la zone de transition entre la couronne et la racine.

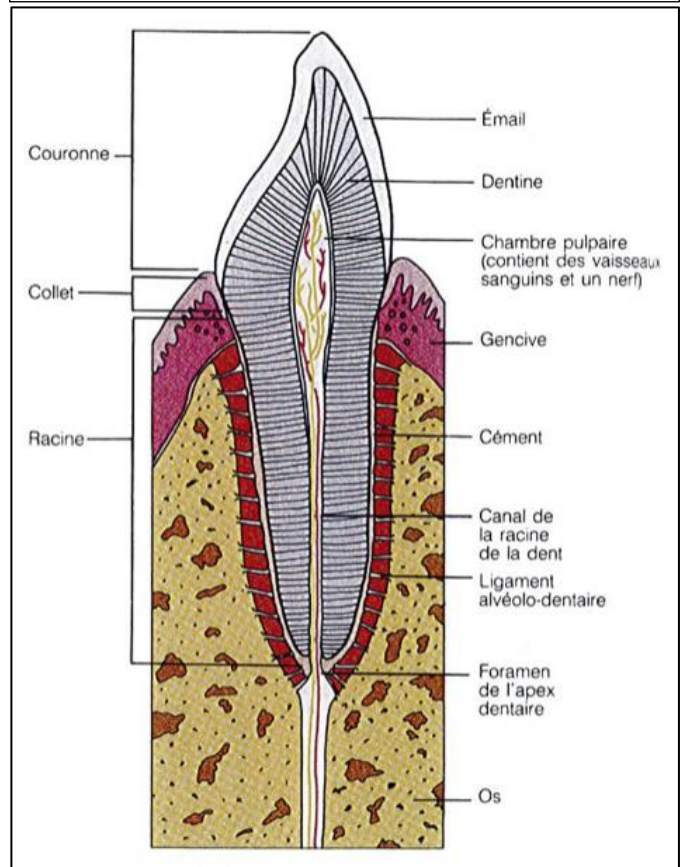
Les différentes dents dans la bouche ont des fonctions différentes en fonction de leur forme et de leur position. Les incisives sont dentelées pour couper les aliments, les canines sont pointues pour déchirer les aliments, les prémolaires et les molaires sont plates pour écraser et broyer les aliments.

2- Contrôle de la prise de nourriture

Lors de la déglutition, le bol alimentaire doit être acheminé du pharynx à travers la partie supérieure de l'œsophage jusqu'à l'estomac. Ce processus implique une série de mouvements musculaires coordonnés pour assurer un passage fluide du bol alimentaire tout en évitant la régurgitation (voir fig 18).

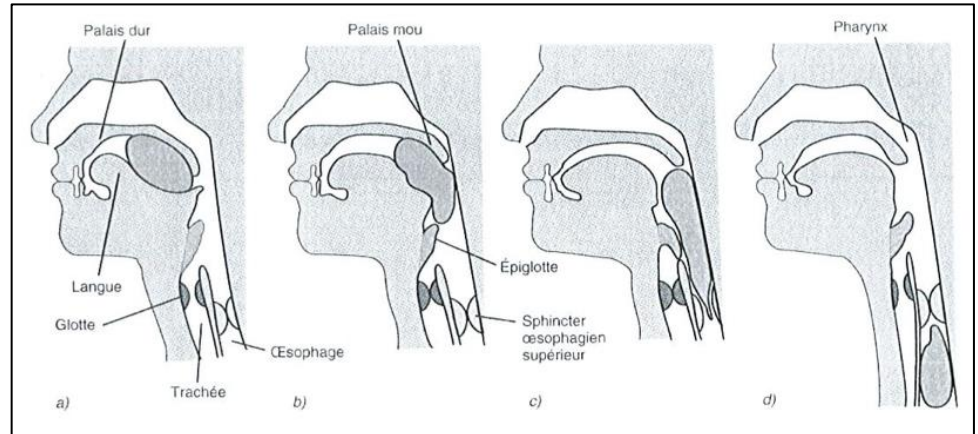
- Phase de déglutition volontaire : La déglutition commence par une phase volontaire, où le bol alimentaire est formé dans la bouche par la mastication et le mélange des aliments avec la salive. Lorsque le bol alimentaire est prêt, il est poussé par la langue contre le palais, ce qui déclenche la phase réflexe de déglutition.
- Phase de déglutition réflexe : la phase réflexe de déglutition est une série de mouvements involontaires qui propulsent le bol alimentaire dans le pharynx et l'œsophage. Elle se divise en trois étapes principales :
 - a. Phase pharyngée : lorsque le bol alimentaire atteint le pharynx, le voile du palais se ferme pour bloquer les voies respiratoires, empêchant ainsi les aliments de pénétrer dans les voies respiratoires. En même temps, le larynx est soulevé et l'épiglotte bascule vers l'arrière pour fermer l'entrée de la trachée. Ces mouvements garantissent que le bol alimentaire est dirigé vers l'œsophage et non vers les poumons.

Fig 14 Coupe longitudinale d'une canine dans son alvéole osseux (Marieb).



- b. Phase œsophagienne supérieure : une fois le bol alimentaire dans le pharynx, les muscles du pharynx se contractent, poussant le bol alimentaire dans l'œsophage supérieur. Cette contraction se produit de manière coordonnée et rapide pour éviter la régression du bol alimentaire.

Fig 18 Mouvements du bol alimentaire à travers le pharynx et la partie supérieure de l'œsophage au cours de la déglutition (Vander).



- c. Phase œsophagienne : les muscles lisses de l'œsophage se contractent en une série de mouvements ondulatoires appelés péristaltisme. Ces contractions musculaires propulsent progressivement le bol alimentaire vers le bas de l'œsophage, créant un mouvement de vague qui pousse le bol alimentaire vers l'estomac.

Il est important de noter que ces mouvements sont contrôlés par le système nerveux autonome, qui coordonne les actions des muscles impliqués dans la déglutition.

B – Motricité du tube digestif et son contrôle

La motricité du tube digestif, également connue sous le nom de péristaltisme, est le mouvement coordonné des muscles lisses présents dans la paroi du tube digestif. Ce mouvement permet le déplacement des aliments le long du tube digestif, favorisant ainsi la digestion, l'absorption des nutriments et l'élimination des déchets.

Le contrôle de la motricité du tube digestif est assuré par le système nerveux autonome, qui se divise en deux composantes principales : le système nerveux sympathique et le système nerveux parasympathique. Ces deux systèmes interagissent pour réguler la motricité du tube digestif.

Le système nerveux parasympathique est responsable de la stimulation de l'activité digestive. Lorsque les aliments sont ingérés et que l'estomac se distend, les nerfs parasympathiques libèrent de l'acétylcholine, un neurotransmetteur qui stimule les muscles lisses du tube digestif. Cela entraîne une augmentation de la contraction musculaire et favorise le mouvement des aliments tout au long du tube digestif.

Le système nerveux sympathique, quant à lui, est responsable de l'inhibition de l'activité digestive. En cas de stress ou d'excitation, les nerfs sympathiques libèrent de la noradrénaline, un neurotransmetteur qui diminue l'activité des muscles lisses du tube digestif. Cela ralentit la motilité intestinale et peut provoquer une diminution de l'appétit et une inhibition de la digestion.

En plus de l'innervation nerveuse, la motricité du tube digestif est également régulée par des facteurs hormonaux. Par exemple, la gastrine, une hormone produite par l'estomac en réponse à la présence d'aliments, stimule la contraction musculaire de l'estomac pour faciliter la digestion. De même, les hormones intestinales telles que la cholécystokinine (CCK) et la sécrétine

sont libérées en réponse à l'ingestion d'aliments et jouent un rôle dans la régulation de la motilité intestinale.

D'autres mécanismes intrinsèques, tels que les cellules pacemaker interstitielles de Cajal, sont également impliqués dans la génération et la coordination des contractions musculaires dans le tube digestif.

Fig 20 Des ondes péristaltiques parcourant l'estomac poussent une petite quantité du contenu de la lumière dans le duodénum. Quand une forte onde péristaltique parvient à l'antré, la pression du contenu de l'antré s'élève, mais la contraction de l'antré ferme aussi le sphincter pylorique. Par conséquent, la contraction de l'antré refoule la majeure partie du contenu de l'antré vers le corps de l'estomac, ce qui contribue à son brassage.

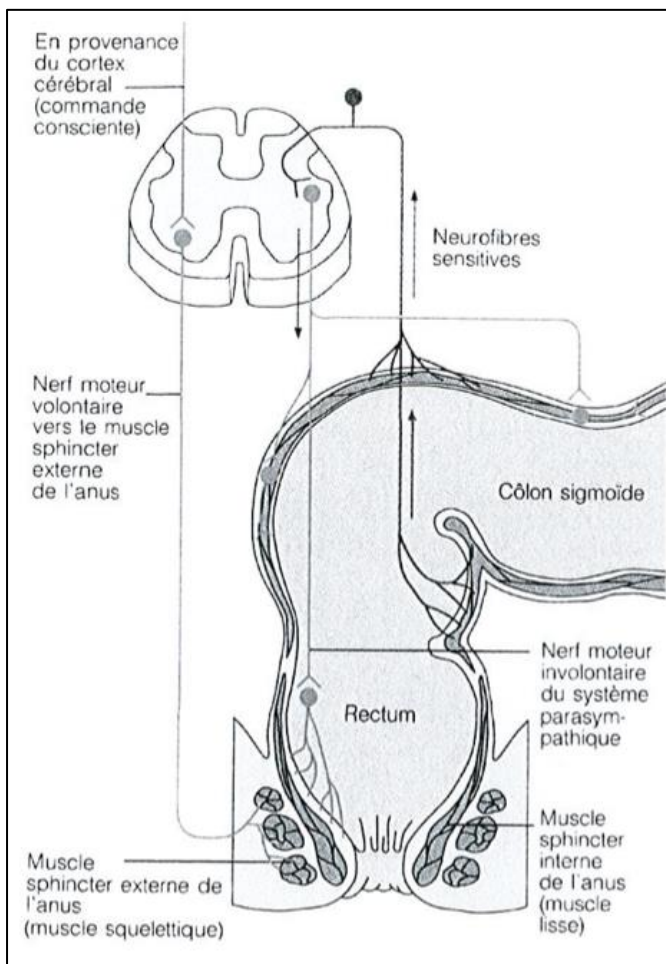
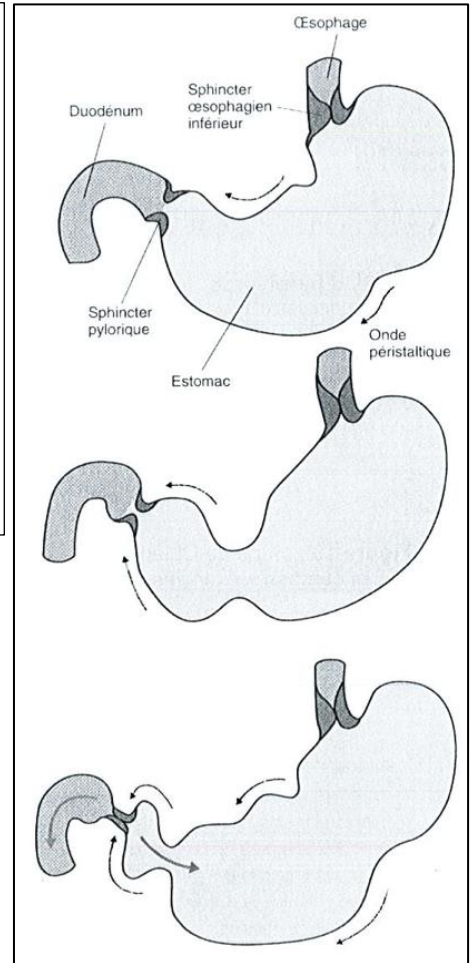
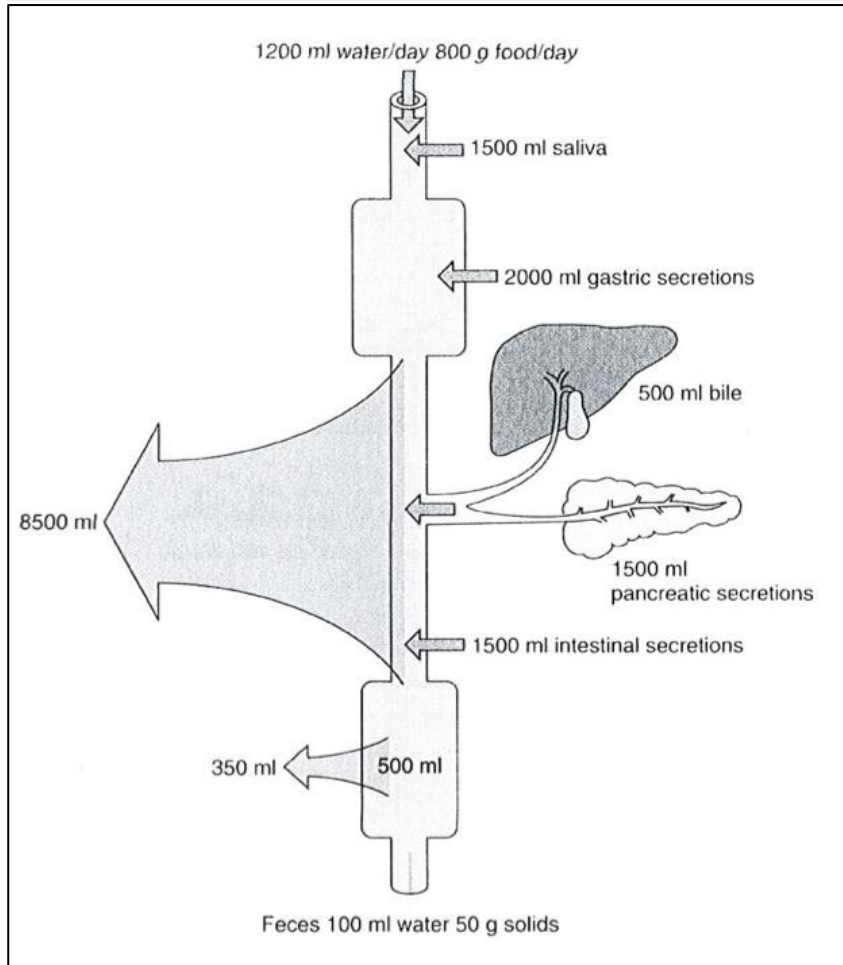


Fig 21 Réflexe de défécation (Marieb). La distension, ou étirement, des parois rectales causée par le mouvement des résidus d'aliments dans le rectum déclenche la dépolarisation de neurofibres afférentes qui font synapse avec les neurones de la moelle épinière. Les neurofibres efférentes du système parasympathique, à leur tour stimulent la contraction des parois rectales et la défécation. La défécation peut être retardée temporairement par des commandes conscientes (corticales) qui permettent la contraction volontaire du muscle sphincter externe de l'anus.

Fig 22 Bilan des volumes sécrétés et absorbés le long du tube digestif (Vander).



III – Événements chimiques de la digestion

A – Digestion chimique **

La digestion chimique dans le tube digestif est un processus par lequel les aliments sont décomposés en molécules plus petites grâce à l'action d'enzymes et de substances chimiques spécifiques. Cela permet une meilleure absorption des nutriments par l'organisme.

Le processus de digestion chimique commence dès la bouche, où l'amylase salivaire commence à dégrader les glucides complexes en sucres plus simples. Une fois que les aliments passent dans l'estomac, les glandes gastriques sécrètent de l'acide chlorhydrique et des enzymes telles que la pepsine, qui décomposent les protéines en peptides plus petits (voir fig 25).

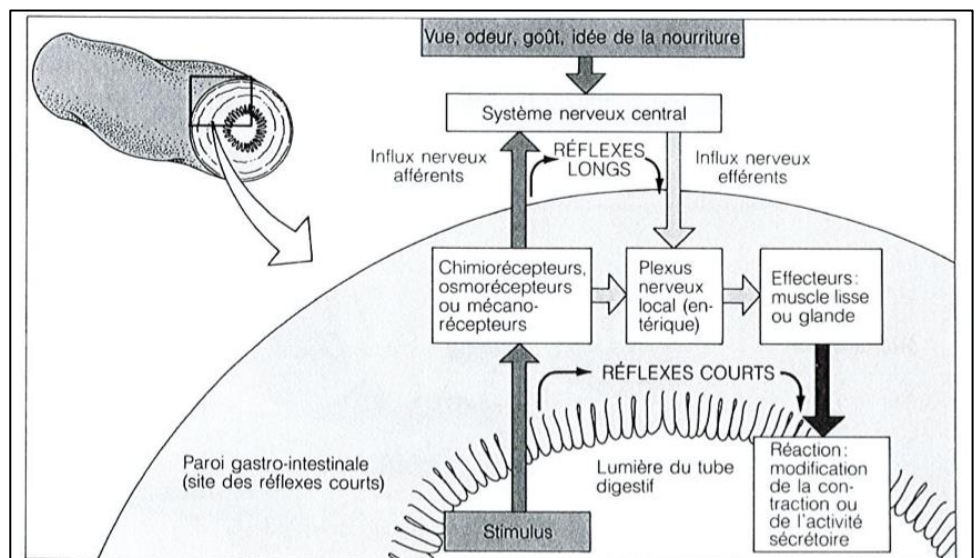


Fig 23 Représentation schématique des voies réflexes nerveuses longue et courte amorcées par des stimulus dans le tube digestif.

Le processus de digestion se poursuit dans l'intestin grêle, où le pancréas libère des enzymes telles que l'amylase pancréatique, la lipase et les protéases. L'amylase pancréatique poursuit la dégradation des glucides en sucres simples tels que le glucose, la lipase décompose les graisses en acides gras et en glycérol, tandis que les protéases décomposent les peptides en acides aminés.

De plus, les cellules de la muqueuse intestinale sécrètent des enzymes peptidases, lactase, sucrase et maltase, qui agissent sur les peptides, les sucres lactose, saccharose et maltose respectivement, pour les décomposer en acides aminés, glucose, fructose et autres sucres simples.

Outre les enzymes, d'autres substances chimiques jouent un rôle dans la digestion. Par exemple, la bile, produite par le foie et stockée dans la vésicule biliaire, est libérée dans l'intestin grêle pour émulsionner les graisses, les rendant plus solubles et faciles à dégrader par les enzymes.

L'ensemble de ces processus de digestion chimique permet de décomposer les aliments en molécules plus petites, qui peuvent être facilement absorbées par les

Fig 25 L'activité des cellules oxyntiques, sécrétant l'acide chlorhydrique dans la lumière stomacale, est contrôlée à la fois par les systèmes nerveux autonome et endocrine. Ces cellules possèdent des récepteurs à l'acétylcholine, à l'histamine et la gastrine (Richard).

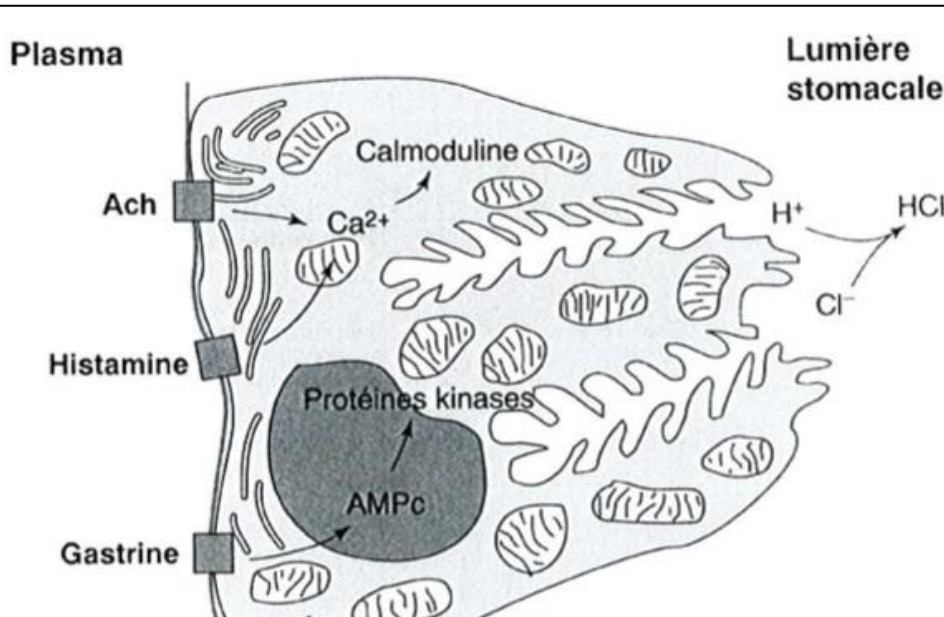
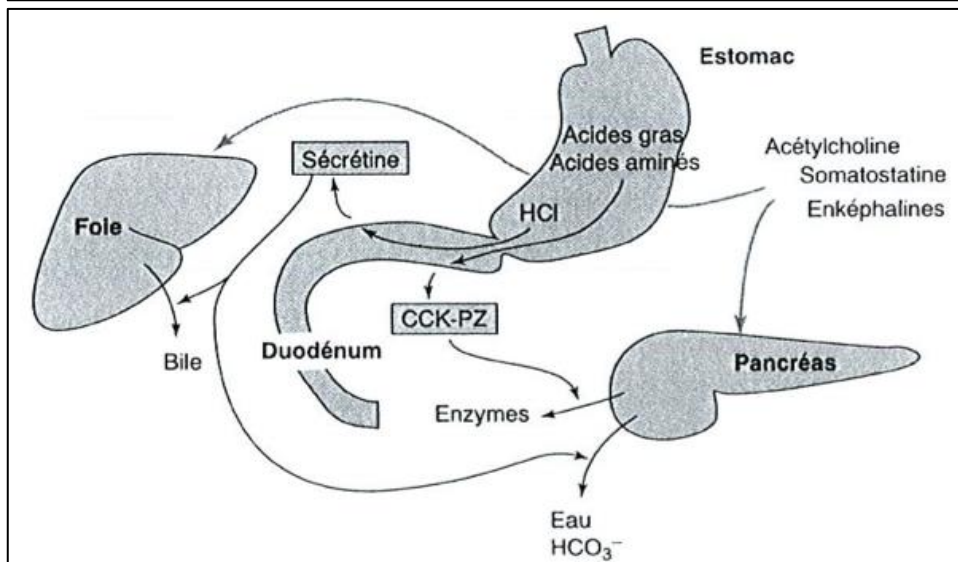


Tableau 1 : régulation de la sécrétion d'acide chlorhydrique au cours d'un repas (Vander).

Stimuli	Voies effectrices	Résultat
Phase céphalique vue, odorat, goût mastication	Directement par les nerfs parasympathiques ou par l'intermédiaire de la stimulation de la sécrétion de gastrine	↑ sécrétion d'HCl
Phase gastrique distension ↑ peptides	Réflexes nerveux longs et courts ; gastrine	↑ sécrétion d'HCl
Phase intestinale distension ↑ [H ⁺] ↑ osmolarité ↑ nutriments	Réflexes nerveux longs et courts ; hormones duodénales (sécrétine, CCK, VIP, GIP)	↑ sécrétion d'HCl

Fig 26 Schéma des contrôles locaux, nerveux et hormonaux des sécrétions biliaires et pancréatiques (Richard).

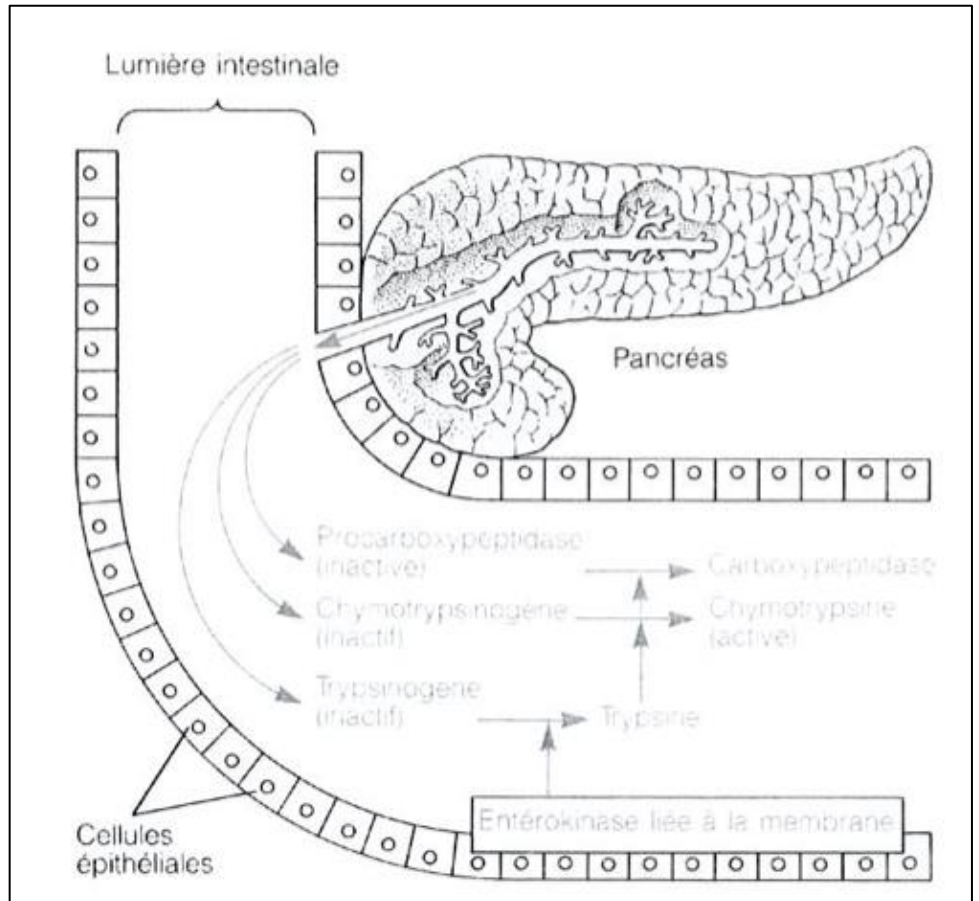


cellules de la muqueuse intestinale.

Il ne faut cependant pas oublier que nous ne sommes pas seul dans notre corps. Notre tube digestif regorge de microorganismes avec lesquels nous vivons en symbiose et qui nous aide à digérer de très nombreuses molécules plus complexes.

Les protéases pancréatiques sont sécrétées sous une forme inactive et activées dans le duodénum. L'entérokinase, une enzyme intestinale (de la bordure en brosse) liée à la membrane plasmique des cellules, active le trypsinogène en trypsine. La trypsine, elle-même une enzyme pancréatique, active ensuite la procarboxypeptidase et le chymotrypsinogène.

Fig 27 Activation des protéases pancréatiques dans l'intestin grêle (Marieb).



B – Absorption ***

L'absorption des nutriments est le processus par lequel les nutriments issus de la digestion sont transportés à travers la paroi intestinale et incorporés dans la circulation sanguine pour être distribués aux cellules de l'organisme. Ce processus se déroule principalement dans l'intestin grêle, qui est spécialement adapté à l'absorption des nutriments.

La paroi de l'intestin grêle présente une structure en forme de replis appelés villosités, qui augmentent considérablement la surface d'absorption. Les villosités sont couvertes par des microvillosités, formant un ensemble appelé "bordure en brosse". Cette structure en brosse augmente encore plus la surface d'absorption, qui atteint 200 mètres carrés pour l'intestin grêle d'un adulte, permettant une absorption efficace des nutriments.

Tableau 2 : Hormones et substances semblables aux hormones qui jouent un rôle dans la digestion (Marieb).

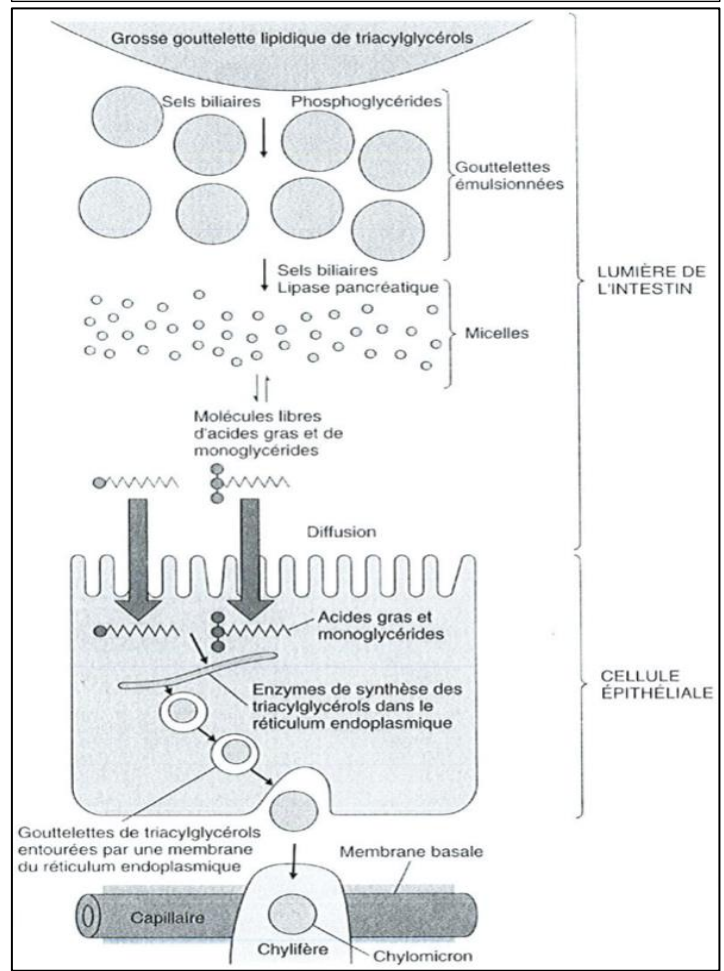
Hormone	Origine	Stimulus de la production	Organe cible	Activité
Gastrine	Muqueuse gastrique	Aliments (en particulier les protéines partiellement digérées) dans l'estomac (stimulation chimique); l'acétylcholine libérée par les neurofibres	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Stimule la sécrétion des glandes gastriques, effets les plus marqués sur la sécrétion de HCl Stimule l'évacuation de l'estomac
			Intestin grêle	<ul style="list-style-type: none"> Stimule la contraction des muscles lisses de l'intestin
			Valve iléo-cæcale Gros intestin	<ul style="list-style-type: none"> Relâche la valve iléo-cæcale Stimule les mouvements de masse
Sérotonine	Muqueuse gastrique	Aliments dans l'estomac	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Cause la contraction des muscles lisses de l'estomac
Histamine	Muqueuse gastrique	Aliments dans l'estomac	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Stimule la libération de HCl par les cellules pariétales
Somatostatine (GH-IH)	Muqueuse gastrique; muqueuse duodénale	Aliments dans l'estomac; stimulation par les neurofibres du système nerveux sympathique	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Inhibe la sécrétion gastrique de toutes les substances; inhibe la motilité et l'évacuation gastriques
			Pancréas Intestin grêle	<ul style="list-style-type: none"> Inhibe la sécrétion Diminue la circulation sanguine dans le tube digestif; inhibe ainsi l'absorption intestinale
			Vésicule biliaire	<ul style="list-style-type: none"> Inhibe la contraction de l'organe et la libération de la bile
Gastrine entérique	Muqueuse du duodénum proximal	Aliments acides et partiellement digérés dans le duodénum	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Stimule les glandes et la motilité gastriques
Sécrétine	Muqueuse duodénale	Chyme acide (aussi les protéines partiellement digérées, les graisses, les liquides hypertoniques et hypotoniques, ou les agents irritants dans le chyme)	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Inhibe la sécrétion et la motilité gastriques au cours de la phase gastrique de la sécrétion
			Pancréas	<ul style="list-style-type: none"> Augmente la sécrétion du suc pancréatique riche en ions bicarbonate; potentialise l'action de la CCK
Cholécystokinine (CCK)	Muqueuse duodénale	Chyme gras, en particulier, mais aussi les protéines partiellement digérées	Foie/pancréas	<ul style="list-style-type: none"> Augmente la sécrétion de la bile et la libération de la sécrétine sur ces organes
			Pancréas	<ul style="list-style-type: none"> Augmente la sécrétion de suc pancréatique riche en enzymes
			Vésicule biliaire	<ul style="list-style-type: none"> Stimule la contraction de l'organe et l'expulsion de la bile emmagasinée
			Sphincter de l'ampoule hépatopancréatique	<ul style="list-style-type: none"> Relâche le sphincter pour permettre l'entrée de la bile et du suc pancréatique dans le duodénum
Peptide inhibiteur gastrique (GIP)	Muqueuse duodénale	Chyme gras ou contenant du glucose	Estomac	<ul style="list-style-type: none"> Inhibe la sécrétion et la motilité gastriques au cours de la phase gastrique

*À l'exception de la somatostatine, tous ces polypeptides stimulent aussi la croissance (particulièrement de la muqueuse) des organes sur lesquels ils agissent.

Les nutriments peuvent être absorbés de différentes manières :

1. Absorption des glucides : Les glucides, sous forme de glucose, fructose et galactose, sont transportés à travers la membrane des cellules de l'intestin grêle par des transporteurs spécifiques. Une fois à l'intérieur des cellules, ils sont acheminés vers les capillaires sanguins présents dans les villosités et sont transportés vers le foie pour être métabolisés (voir fig 33).
2. Absorption des lipides : Les lipides, sous forme d'acides gras et de glycérol, sont décomposés en petites gouttelettes dans l'intestin grêle grâce à l'action de la bile. Les produits de dégradation des lipides, appelés micelles, sont ensuite absorbés par diffusion à travers la membrane des cellules de l'intestin grêle. À l'intérieur des cellules, les lipides sont réassemblés en triglycérides, puis emballés dans des chylomicrons. Les chylomicrons sont libérés dans les vaisseaux lymphatiques appelés vaisseaux lactéaux, puis transportés vers la circulation sanguine pour être utilisés par les cellules du corps (voir fig 31).
3. Absorption des protéines : Les protéines sont décomposées en acides aminés, dipeptides et tripeptides par les enzymes digestives. Ces produits de dégradation sont ensuite absorbés à travers la membrane des cellules de l'intestin grêle par des transporteurs spécifiques. Une fois à l'intérieur des cellules, les dipeptides et les tripeptides sont décomposés en acides aminés, qui sont ensuite transportés vers les capillaires sanguins des villosités pour être distribués dans l'organisme.
4. Absorption des vitamines et des minéraux : Les vitamines et les minéraux sont absorbés par des mécanismes spécifiques qui varient selon chaque nutriment. Certains sont transportés à travers la membrane des cellules de l'intestin grêle par des transporteurs spécifiques, tandis que d'autres sont absorbés par diffusion ou par des processus actifs dépendant de transporteurs (voir fig 34).

Fig 31 Digestion et absorption des lipides (Vander).



Il est important de noter que certains nutriments, tels que les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) et certains minéraux, peuvent nécessiter la présence de lipides pour une absorption optimale.

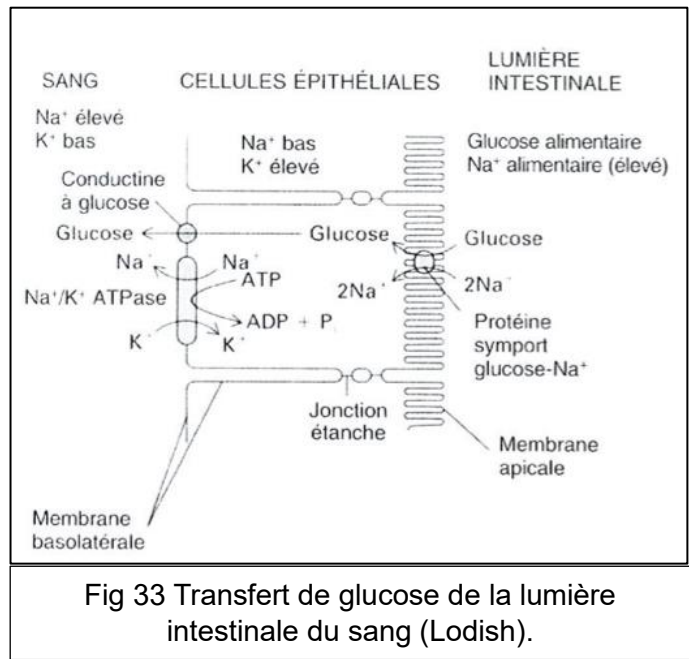


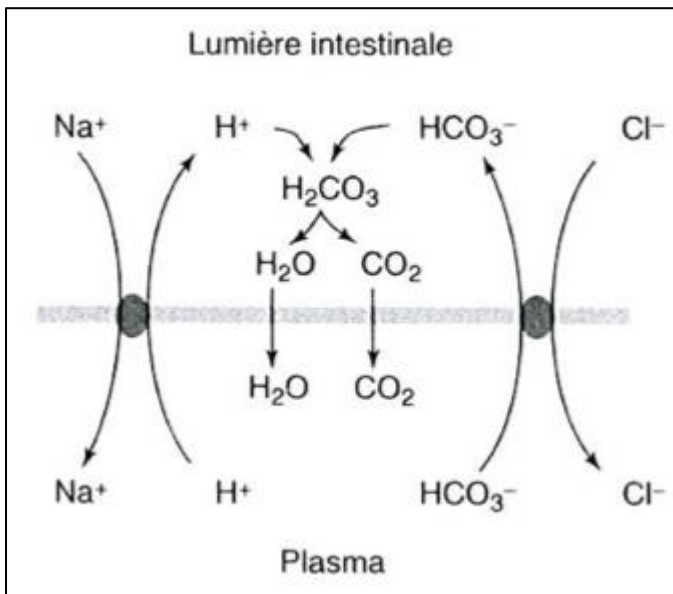
Fig 33 Transfert de glucose de la lumière intestinale du sang (Lodish).

IV – Les réserves du corps **

A – Nature et localisation des réserves

Le corps humain dispose de différentes réserves pour stocker des substances essentielles et assurer le bon fonctionnement de l'organisme. Ces réserves peuvent être trouvées à divers endroits du corps et se présentent sous différentes formes. Voici quelques exemples de réserves et leur localisation :

1 – Polysaccharides : le glycogène



Le glycogène est une forme de stockage du glucose, qui est la principale source d'énergie utilisée par le corps. Les réserves de glycogène sont principalement localisées dans le foie et les muscles. Le foie stocke du glycogène pour maintenir une glycémie équilibrée et le libère lorsque les niveaux de glucose dans le sang sont bas. Les muscles utilisent leurs réserves de glycogène pour fournir de l'énergie pendant l'exercice.

Fig 34 L'absorption des ions au niveau des entérocytes est réalisée par des mécanismes de diffusion, de cotransport ou encore de transport actif. Le sodium est globalement échangé contre des ions H^+ , tandis que les ions bicarbonates sont échangés contre des ions Cl^- (Richard).

2 – Lipides : les triglycérides

Le tissu adipeux, également connu sous le nom de graisse, est une réserve importante d'énergie dans le corps humain. Il est réparti dans tout le corps, mais se concentre principalement

dans des zones spécifiques comme l'abdomen, les cuisses, les fesses et les hanches. Les réserves de graisse fournissent de l'énergie lorsqu'elle est nécessaire, isolent le corps et jouent un rôle dans la régulation de la température corporelle.

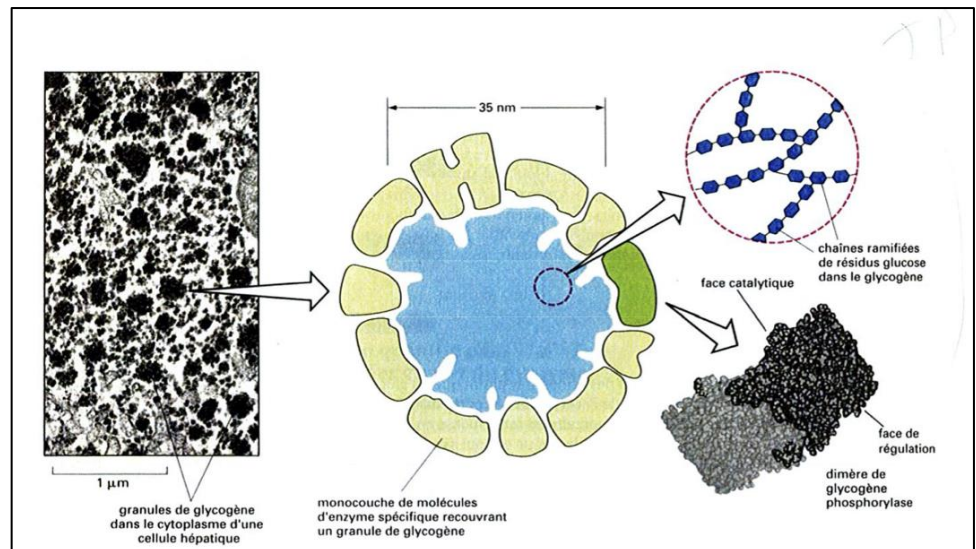


Fig 43 : Gouttelettes lipidiques de cellule de muscle cardiaque en contact étroit avec les mitochondries où s'effectue la bêta-oxydation des acides gras dérivés des triglycérides, soit leur dégradation des lipides pour permettre la production d'énergie. (Alberts, 1995)

Les acides gras sont stockés comme réserve d'énergie (graisse) par liaison ester avec le glycérol pour former des triglycérides.

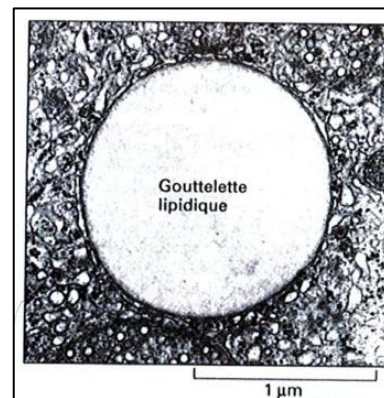


Fig 42 : Cliché au microscope électronique à transmission d'une gouttelette lipidique, dans le cytoplasme d'une cellule. (Albers 2004)

3 – Protéines

Les protéines peuvent être des molécules de réserves dans le corps humain de différentes manières.

- Réserves protéiques musculaires : Les muscles squelettiques contiennent une grande quantité de protéines contractiles, telles que l'actine et la myosine. Lorsque l'apport en énergie est insuffisant, par exemple lors d'un jeûne prolongé ou d'un exercice intense, les protéines musculaires peuvent être dégradées pour fournir des acides aminés qui peuvent être utilisés pour la production d'énergie.
- Réserves de protéines dans les organes et les tissus : Certains organes et tissus, tels que le foie, les reins et le cœur, peuvent stocker des protéines pour des fonctions spécifiques. Par exemple, le foie stocke des protéines telles que l'albumine, qui joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre osmotique et dans le transport de diverses substances dans le sang.
- Réserves de protéines dans le lait maternel : Le lait maternel est une source importante de protéines pour les nourrissons. Il contient une variété de protéines, telles que la caséine et les protéines du lactosérum, qui fournissent les acides aminés essentiels nécessaires à la croissance et au développement du nourrisson.

Il est important de noter que bien que les protéines puissent servir de réserves dans certaines situations, elles sont généralement moins utilisées que les glucides et les lipides en tant que source d'énergie. Les protéines sont principalement impliquées dans la construction et la réparation des tissus, ainsi que dans de nombreuses autres fonctions biologiques essentielles. La dégradation des

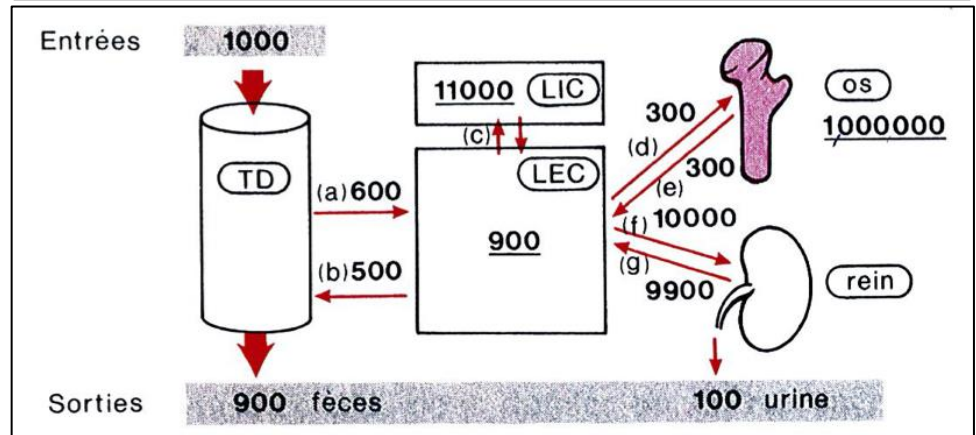
protéines pour produire de l'énergie est souvent considérée comme un dernier recours lorsque les autres sources d'énergie sont épuisées.

4 – Autres types de réserves : synthèse

Il y a principalement deux autres types de réserves dans le corps humain :

1. Les réserves de vitamines et de minéraux : les vitamines et les minéraux sont essentiels pour de nombreuses fonctions biologiques dans le corps. Ils sont stockés dans différentes parties de

Fig 47 : Bilan calcique chez un Homme au repos ingérant 1g de calcium par jour. (Rieutort)



l'organisme. Par exemple, le foie stocke des vitamines liposolubles comme la vitamine A, la vitamine D et la vitamine K. Le fer est stocké dans le foie, la moelle osseuse et la rate, tandis que le calcium est principalement stocké dans les os.

2. Les réserves de liquide : le corps humain maintient également des réserves de liquides pour répondre aux besoins hydriques de l'organisme. Les réserves de liquides sont principalement situées dans le système vasculaire (sang) et dans les espaces entre les cellules (liquide interstitiel). Ces réserves de liquides sont essentielles pour maintenir l'équilibre hydrique, la pression sanguine et le bon fonctionnement des organes.

Il est important de noter que certaines substances sont stockées dans des organes spécifiques pour des fonctions spécifiques. Par exemple, le foie stocke des vitamines, des minéraux, du glucose et des graisses, tandis que les os stockent des minéraux tels que le calcium et le phosphore.

B – Mise en réserve et son contrôle

Le contrôle de la mise en réserve est assuré par différents mécanismes régulateurs dans le corps. Voici quelques exemples :

1. **Hormones :** les hormones jouent un rôle essentiel dans le contrôle de la mise en réserve. Par exemple, l'insuline, une hormone produite par le pancréas, régule le stockage du glucose sous forme de glycogène dans le foie et les muscles. Lorsque la glycémie est élevée, l'insuline est sécrétée pour stimuler l'absorption du glucose et favoriser son stockage. De même, l'hormone leptine, produite par les cellules adipeuses, régule l'appétit et le métabolisme en indiquant au cerveau le niveau de réserves de graisse dans le corps.
2. **Métabolisme :** le métabolisme joue un rôle clé dans la mise en réserve des nutriments. Les nutriments sont métabolisés et transformés en différentes formes pour le stockage. Par exemple, les excès de glucose sont convertis en glycogène et stockés dans le foie et les

muscles. Les acides gras issus de la dégradation des graisses sont stockés dans les adipocytes (cellules adipeuses) sous forme de triglycérides.

3. Réabsorption rénale : les reins jouent un rôle important dans le contrôle de l'eau et des électrolytes. Ils régulent la réabsorption de l'eau et des substances essentielles dans l'urine. Lorsque le corps a besoin de conserver l'eau, les reins réduisent la quantité d'eau excrétée dans l'urine en augmentant sa réabsorption. Cela permet de préserver les réserves hydriques de l'organisme.
4. Régulation de l'appétit : le contrôle de l'appétit et de la prise alimentaire joue également un rôle dans la mise en réserve. Le système nerveux central et les signaux hormonaux régulent l'appétit en fonction des besoins énergétiques de l'organisme. Lorsque les réserves sont faibles, des signaux de faim sont activés pour stimuler l'apport alimentaire et reconstituer les réserves.

Fig 52 Comparaison entre le métabolisme du tissu adipeux blanc (A) et brun (B). (Turquier)

Il est important de noter que la mise en réserve est un processus dynamique et que les réserves peuvent être mobilisées lorsque l'organisme en a besoin. Par exemple, en cas de jeûne prolongé ou d'activité physique intense, les réserves de glycogène et de graisses sont mobilisées pour fournir de l'énergie.

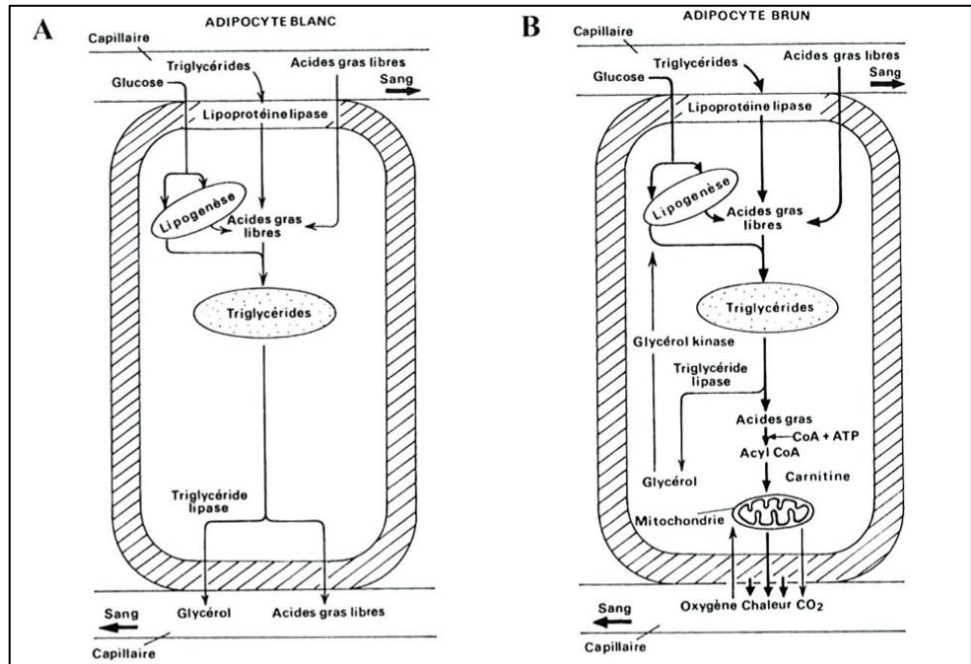
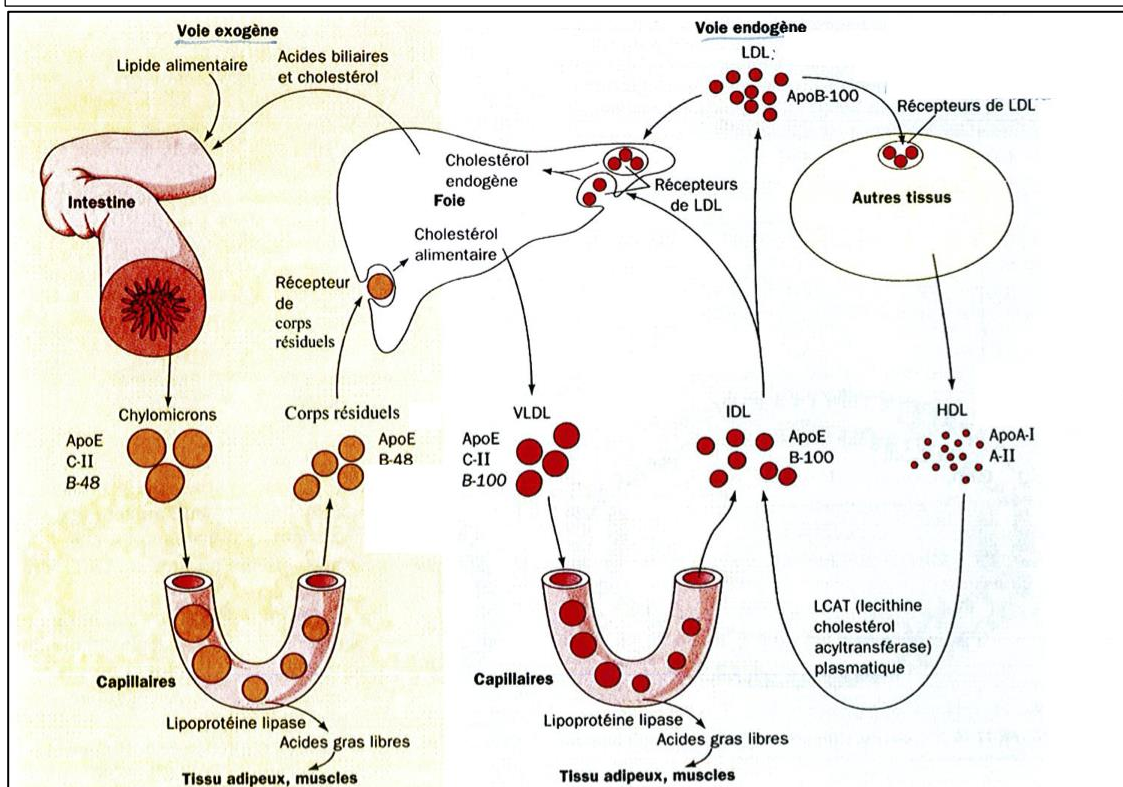


Fig 53 Modèle de transport des triglycérides et du cholestérol chez l'Homme. (Voet)



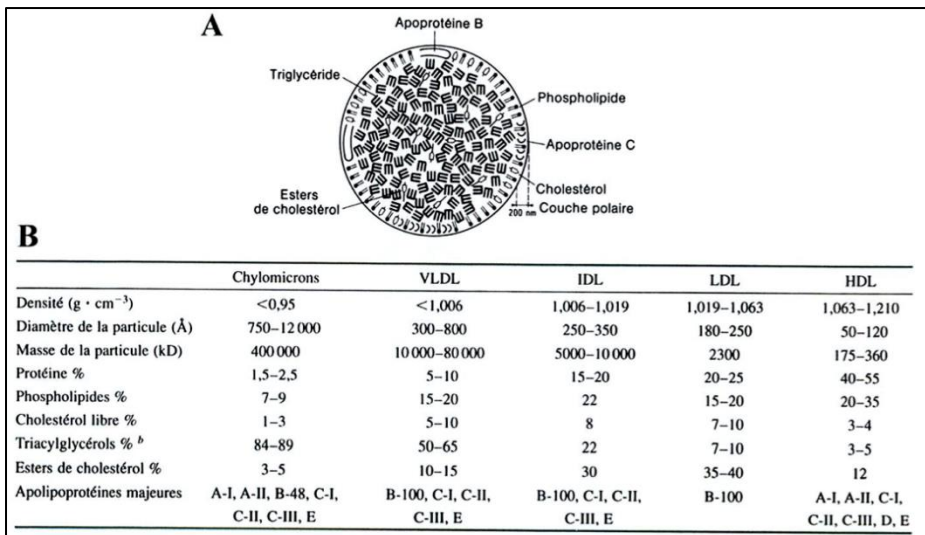


Fig 54 Structure et composition des lipoprotéines.

A, localisation des principaux constituants d'une VLDL. (Beaumont)

B, caractéristiques des principales classes de lipoprotéines du plasma humain. (Voet)

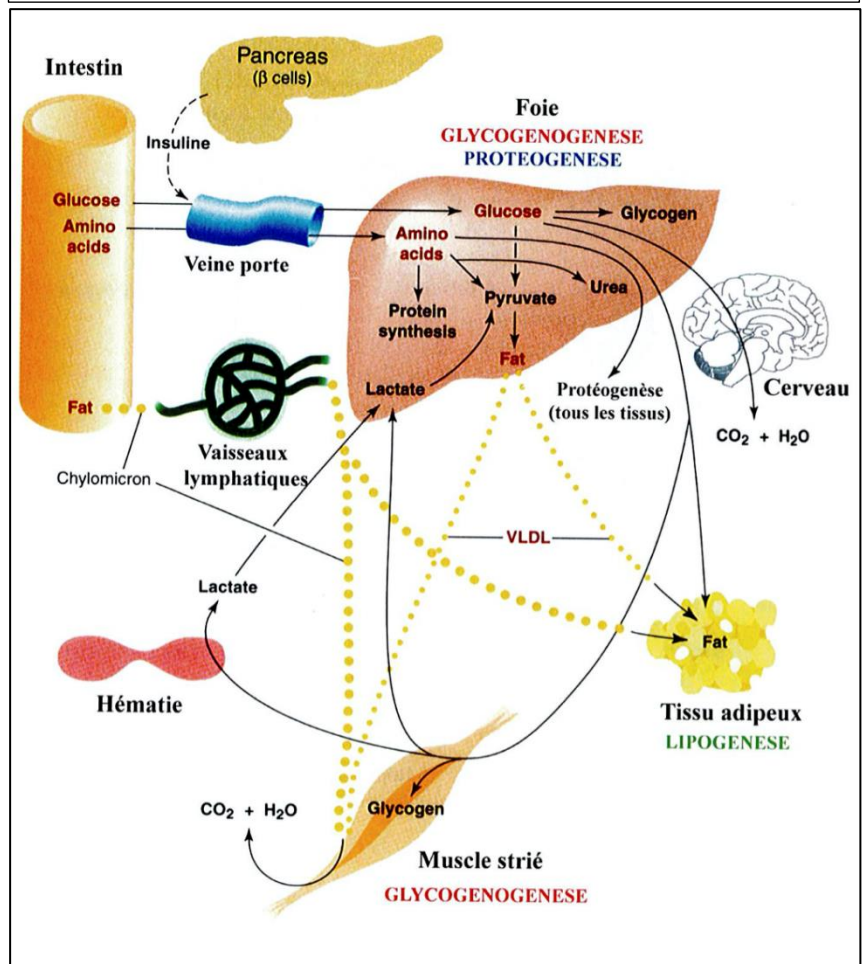
VLDL : very low density lipoprotein, IDL : intermediate density lipoprotein, LDL, low density lipoprotein, HDL, high density lipoprotein.

C - Signification biologique

Après avoir consommé un repas, plusieurs interrelations métaboliques se produisent dans l'organisme pour traiter les nutriments ingérés. Les principales interrelations métaboliques après un repas sont :

1. Glycémie et stockage du glucose : lorsque nous consommons des aliments riches en glucides, ils sont décomposés en glucose dans le système digestif. Le glucose est alors absorbé dans la circulation sanguine, ce qui entraîne une augmentation de la glycémie. En réponse à cette augmentation, le pancréas sécrète de l'insuline, une hormone qui permet aux cellules de capter le glucose pour une utilisation immédiate comme source d'énergie ou pour le stocker sous forme de glycogène dans le foie et les muscles.

Fig 60 Interrelations métaboliques après un repas. (Devlin)



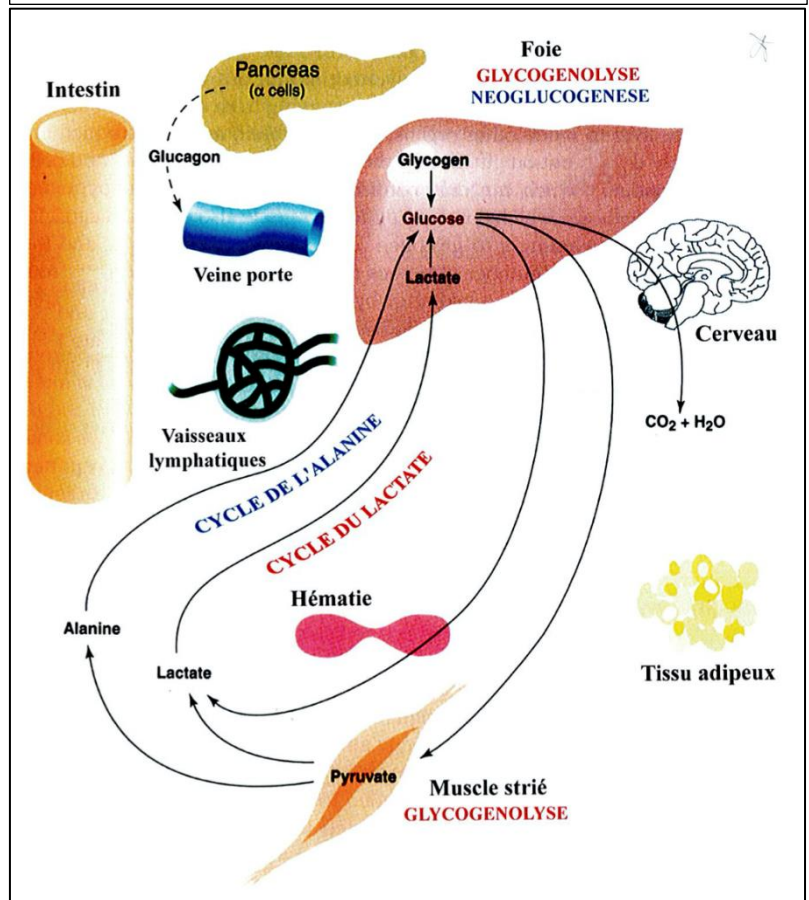
2. Stockage des lipides : lorsqu'un repas contient des graisses, elles sont décomposées en acides gras et en glycérol dans l'intestin. Les acides gras sont ensuite absorbés et emballés sous forme de triglycérides dans les adipocytes (cellules adipeuses) pour un stockage à long terme.
3. Métabolisme des protéines : les protéines consommées dans le repas sont décomposées en acides aminés dans le système digestif. Ces acides aminés sont ensuite utilisés pour la

synthèse de nouvelles protéines dans l'organisme pour la croissance, la réparation des tissus et d'autres processus métaboliques.

Lors d'un jeûne à court terme : lors d'un jeûne à court terme, généralement de quelques heures à une journée, les interrelations métaboliques dans l'organisme changent pour maintenir l'homéostasie et fournir de l'énergie. Les principales interrelations métaboliques lors d'un jeûne à court terme sont :

1. **Glycogénolyse** : en l'absence de glucose provenant de la consommation alimentaire, le corps commence à dégrader le glycogène stocké dans le foie et les muscles par un processus appelé glycogénolyse. Les enzymes décomposent le glycogène en glucose, qui est ensuite libéré dans la circulation sanguine pour maintenir la glycémie.
2. **Gluconéogenèse** : Lorsque les réserves de glycogène sont épuisées, le corps peut produire du glucose à partir d'autres sources non glucidiques, comme les acides aminés et le glycérol provenant de la dégradation des protéines et des graisses. Ce processus s'appelle la gluconéogenèse et il se déroule principalement dans le foie.
3. **Lipolyse** : En l'absence d'apport alimentaire, le corps commence à dégrader les réserves de graisse pour produire des acides gras libres, qui sont ensuite utilisés comme source d'énergie par divers tissus, y compris le cerveau. Ce processus est appelé lipolyse.

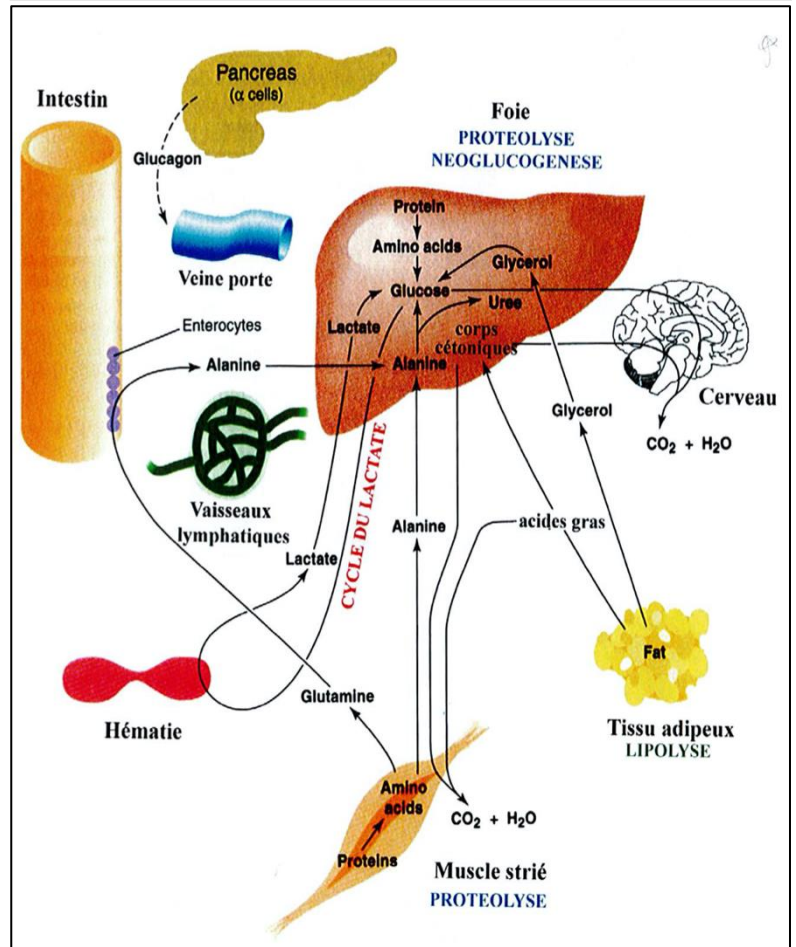
Fig 61 Interrelations métaboliques lors d'un jeûne à court terme. (Devlin)



Lors d'un jeûne à long terme : lors d'un jeûne prolongé, qui dure plusieurs jours à plusieurs semaines, les interrelations métaboliques dans l'organisme subissent des adaptations supplémentaires pour répondre aux besoins énergétiques continus. Les principales interrelations métaboliques lors d'un jeûne à long terme sont :

1. Cétogenèse : En l'absence de glucose provenant de l'alimentation et de la dégradation du glycogène, le foie produit des corps cétoniques à partir des acides gras libérés par la lipolyse. Les corps cétoniques, tels que l'acétoacétate, le bêta-hydroxybutyrate et l'acétone, sont utilisés comme source d'énergie alternative, en particulier par le cerveau.
2. Protéolyse : À mesure que le jeûne se prolonge, le corps commence à dégrader les protéines musculaires pour fournir des acides aminés utilisés dans la gluconéogenèse afin de maintenir la glycémie. Cette dégradation des protéines musculaires peut entraîner une perte de masse musculaire.

Fig 62 Interrelations métaboliques lors d'un jeûne à long terme. (Devlin)



Ces interrelations métaboliques lors d'un jeûne à court terme et à long terme permettent à l'organisme de maintenir un apport énergétique adéquat, en utilisant les réserves de glycogène, de graisse et même de protéines, tout en préservant les fonctions vitales et en fournissant de l'énergie aux organes essentiels.

Conclusion

En conclusion, le système digestif est un système complexe et coordonné qui permet à notre corps de digérer les aliments et d'absorber les nutriments nécessaires à son bon fonctionnement. De la mastication dans la bouche à la libération des enzymes digestives dans l'estomac et l'intestin grêle, chaque étape de la digestion est soigneusement régulée pour assurer une efficacité maximale. L'absorption des nutriments clés se produit principalement dans l'intestin grêle, où les nutriments sont transportés dans la circulation sanguine pour être distribués à travers tout le corps. Le système digestif est également étroitement lié à d'autres systèmes du corps, tels que le système nerveux et le système endocrinien, qui contribuent à la régulation et à la coordination des processus digestifs. Comprendre le fonctionnement du système digestif est essentiel pour maintenir une alimentation équilibrée, prévenir les troubles digestifs et favoriser une bonne santé globale. En continuant à explorer et à approfondir nos connaissances sur le système digestif, nous pouvons mieux apprécier son rôle vital dans notre bien-être.

Bibliographie

MARIEB Anatomie et physiologie humaine

TORTORA Principles of anatomy and physiology

CALAS Précis de physiologie

LODISH Biologie moléculaire de la cellule

VANDER Physiologie humaine

RICHARD Physiologie des animaux , tome 1 : Physiologie cellulaire et fonction des nutrition

ALBERTS Biologie moléculaire de la cellule

RIEUTORT Physiologie animale : tome 2 : les grandes fonctions

TURQUIER L'organisme dans son milieu, Vol. 2

VOET Biochimie

DEVLIN Textbook of biochemistry