

CHAPITRE IV : PHYSIOLOGIE
SU SYSTEME DIGESTIF

I- Introduction

Les protéines, les glucides et les lipides que nous ingérons chaque jour sont dégradés en nutriments dans le tube digestif et absorbés par l'intestin grêle. Les nutriments ainsi absorbés sont ensuite distribués dans l'organisme via la circulation sanguine ou le système lymphatique.

La digestion est la fonction qui permet la transformation des aliments d'origine animale ou végétale en éléments simples qui seront, après absorption digestive, utilisés soit pour leur pouvoir énergétique, soit comme éléments de base de construction plastique.

• La dégradation des aliments se fait par des moyens mécaniques et par des enzymes (salivaires, gastriques, pancréatiques, bactériennes coliques).

La digestion résulte de deux processus :

- La digestion mécanique, qui a lieu dans la bouche et l'estomac. Les aliments sont ramollis et broyés en bouillie appelée chyme par la mastication, puis brassés dans l'estomac par les contractions.
- La digestion chimique, assurée par les sucs gastriques et les enzymes tels que l'amylase (produite par la salive), l'acide chlorhydrique (produite par l'estomac) ou la bile (sécrétée par le foie), qui sert à digérer les graisses.

Bien que la digestion puisse sembler simple à première vue, les mécanismes qui la soutiennent sont complexes. En effet, le système nerveux et diverses hormones sont impliqués dans ce phénomène afin d'assurer une régulation adéquate de l'activité digestive.

II- Anatomie et Physiologie du système digestif

L'appareil digestif est constitué de :

- ✓ **Un tube digestif** (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus)
- ✓ **Des organes digestifs annexes** (dents, langue, vésicule biliaire, glandes digestives (salivaires, foie et pancréas) (**Fig.1**).

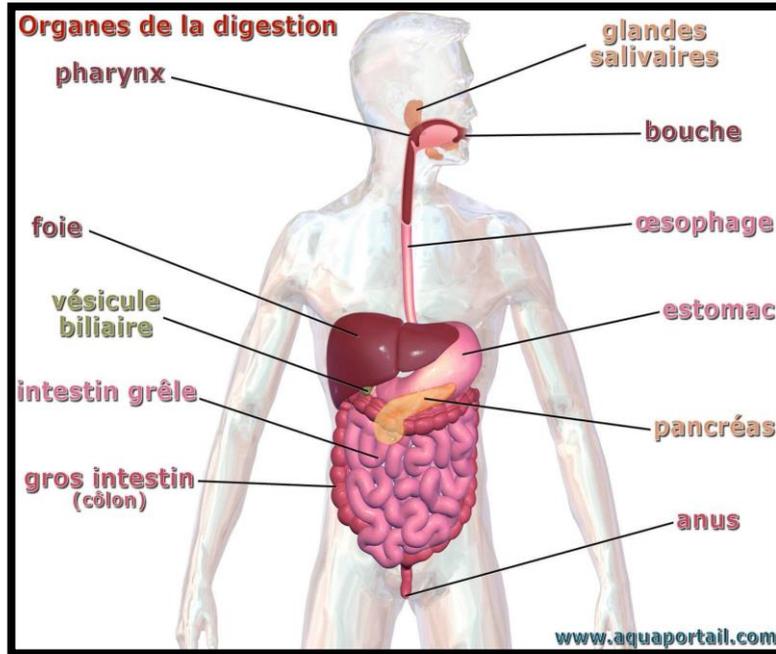


Fig.1. Anatomie du système digestif

II-1- Anatomie du tube digestif

a/ La bouche

Intervient dans l'ingestion, la gustation et la mastication des aliments. Favorise le début du processus de digestion grâce à la salive (amylase). En effet, il existe 3 paires de glandes salivaires qui sont situées à l'extérieur de la cavité buccale mais qui déversent leurs sécrétions dedans (Fig.2) :

- Parotides (les plus grosses, devant l'oreille).
- Sous-maxillaires (le long de la mandibule).
- Sublinguales (sous la langue).

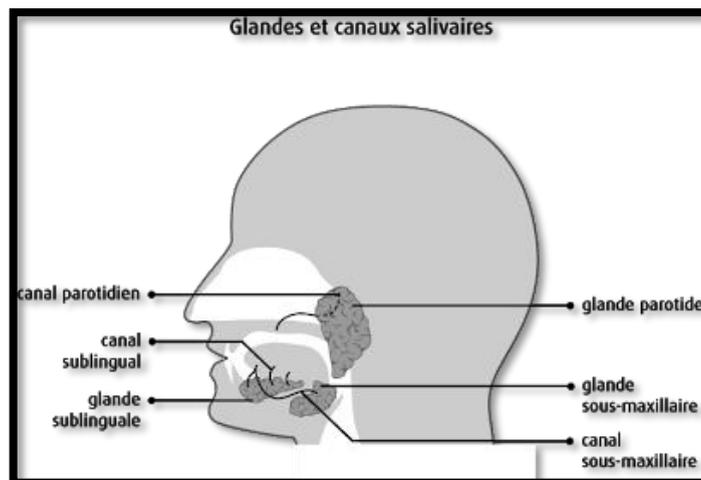


Fig.2. Glandes et canaux salivaires

b/ Le pharynx

Un Carrefour aérodigestif. Oropharynx en regard de la bouche, l'épiglotte s'abaisse et obstrue le larynx et les voies respiratoire lors de la déglutition.

c/L'œsophage

Conduit musculo-membraneux de 25 cm de long sur 2 cm de large qui relie le pharynx à l'estomac. Il traverse le diaphragme par le foramen de l'œsophage Débouche dans l'estomac par le cardia (sphincter).

L'estomac :

C'est un organe dont la fonction est double : motrice (brassage du chyme gastrique) et sécrétoire (participation à la fonction digestive). Il est placé dans un plan frontal sous l'épigastre, à l'étage sus-mésocolique et fait suite directement à l'œsophage abdominal et cardia. Il s'étend de la 11^{ème} vertèbre thoracique (T11) à la première vertèbre lombaire (L1).

Il a deux faces et deux bords : grande courbure gastrique à gauche (de l'incisure cardiale à la partie inférieure du pylore), petite courbure gastrique à droite (du cardia à l'incisure angulaire et pylore). On lui décrit trois parties anatomiques, présentant des variations sur le plan histologique (de haut en bas) : fundus, corps, antra. Il se termine par le pylore, zone d'épaississement de la musculuse circulaire, qui forme le sphincter lisse de l'estomac (**Fig.3**).

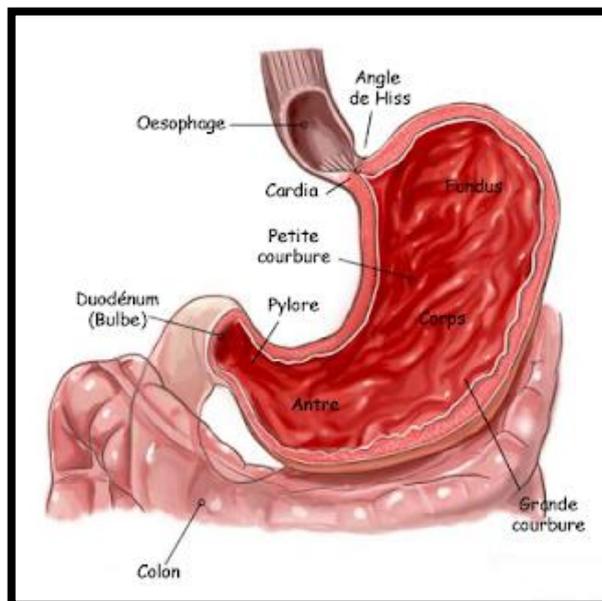


Fig.3. Anatomie du tube digestif

d/L'intestin grêle :

La partie la plus longue du tube digestif (7m) qui relie le pylore au colon, c'est le principal organe digestif (pour une très grande surface d'absorption).

Structure de l'intestin grêle

- Duodénum = partie fixe où se trouve l'ampoule hépato-pancréatique (ou ampoule de Vater) qui est la jonction des conduits apportant la bile du foie et le suc pancréatique.
- Jéjunum.
- Iléum ou iléon = partie qui débouche dans le colon au niveau de la valve iléo-caecale

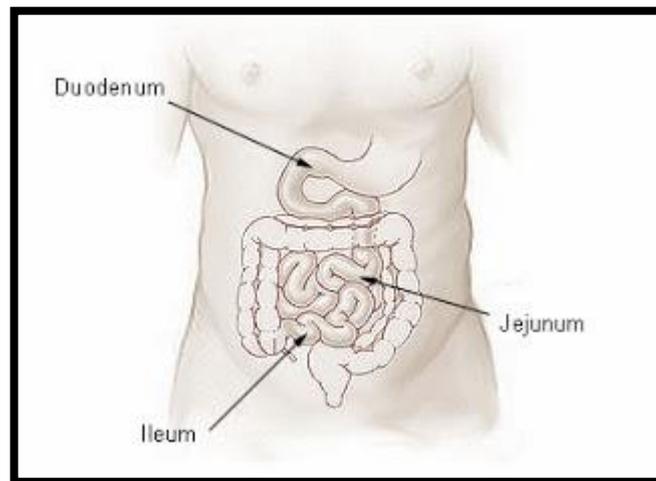


Fig.4. Anatomie de l'intestin grêle

e/Le gros intestin

Partie terminale du tube digestif qui relie intestin grêle à l'anus. Mesure 1.5m de long et diamètre supérieur à l'intestin grêle.

Structure du gros intestin

- Caecum : partie initiale qui s'abouche à l'iléon
- Appendice vermiforme = petit prolongement en cul de sac qui contient des amas de tissu lymphatique. Rôle important dans l'immunité mais favorise aussi la prolifération bactérienne...
- Colon ascendant à droite
- Colon transverse
- Colon descendant
- Colon pelvien ou sigmoïde
- Rectum = ampoule rectale + canal anal qui est muni de 2 sphincters

Vascularisation ; par 2 artères venant de l'aorte :

- Artère mésentérique supérieure
- Artère mésentérique inférieure

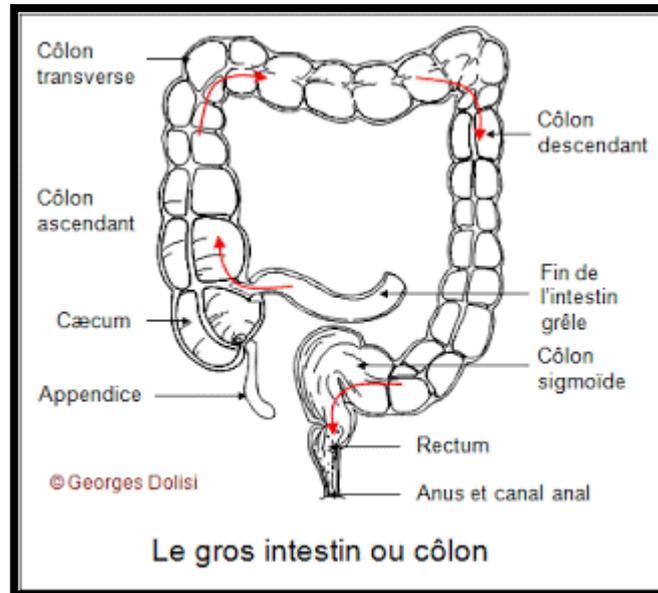


Fig.5. Anatomie du gros intestin

II-2- Anatomie des organes digestifs annexes

1 / Le foie :

Plus grosse glande du corps située dans l'hypochondre droit. Constitué de 4 lobes et entouré d'une capsule. Les lobes contiennent des lobules hépatiques constitués d'hépatocytes.

Fonctions hépatique

- ✓ Fabrication de la bile : La bile est un liquide légèrement alcalin composé d'eau, d'acides biliaires (pour digérer graisses et vitamines liposolubles), de pigments biliaires (bilirurine = produit de dégradation de l'hb) et de cholestérol. Fabrication par les hépatocytes de 0.5ml à 1L/jour de bile en continu qui est stockée dans la vésicule biliaire et qui rejoindra l'intestin grêle
- Fonctions métaboliques
 - Glucides : rôle glycogénique (stockage glucose en glycogène) pour le maintien de la glycémie. Régulation grâce à l'insuline (hormone hypoglycémiant) et au glucagon (hyperglycémiant)
 - Lipides : synthèse de lipides de structure, de réserve et de cholestérol...
 - Protides : synthèse de nombreuses protéines (albumine, fibrinogène, prothrombine...) et dégradation des acides aminés en urée
 - Stockage du fer

- Fonction de détoxication

- Filtrage et traitement du sang veineux en provenance de l'appareil digestif.

- Dégradation de nombreuses molécules chimiques pour épurer le plasma (médicament, alcool...)

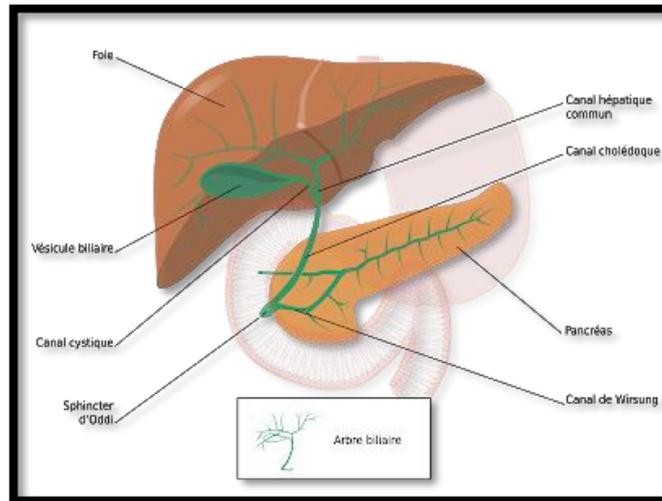


Fig.6. Organes digestifs annexes

2/ Les voies biliaires :

Conduits permettant à la bile de rejoindre le duodénum

3/ Le pancréas :

Glande mixte formée de 3 parties : la tête, le corps et la queue.

C'est un tissu endocrinien qui sécrète des hormones intervenant dans le métabolisme des glucides (insuline, glucagon). Elle sécrète le suc pancréatique dans l'appareil digestif (rôle exocrine).

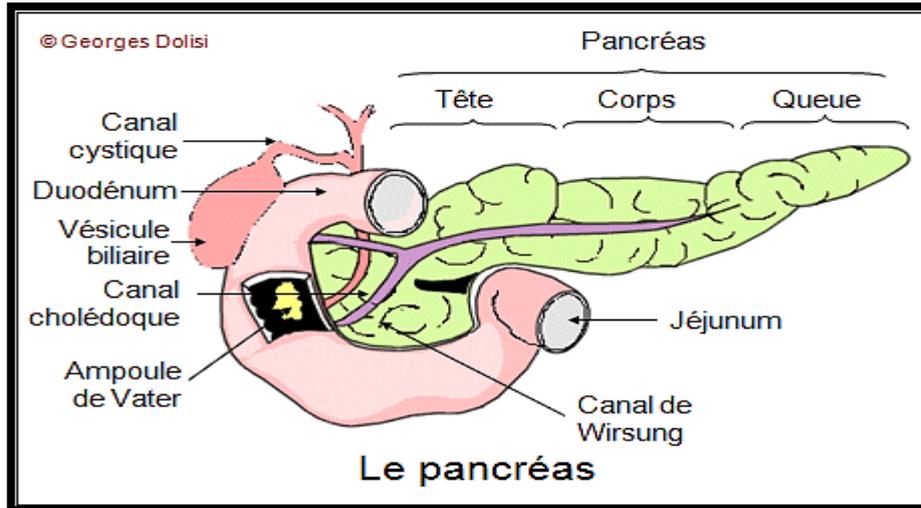


Fig.7. Le pancréas

III- La motilité gastro-intestinale

III-1- Organisation musculaire

Les muscles du tube digestif sont constitués de 2 couches de fibres musculaires lisses. L'une de ces couches constituent le muscle lisse longitudinal. L'autre couche musculaire lisse est constituée de fibres orientées selon un axe perpendiculaire au tube digestif. Cette couche est appelée couche musculaire circulaire et elle est située plus en interne, du côté de la lumière du tube digestif.

III-2- Activité électrique de base du système digestif

Le potentiel de membrane du système digestif présente des variations spontanées. En effet, ce potentiel peut varier de -65 mV à -45 mV. Ces variations, appelées ondes lentes, sont déclenchées par des cellules pacemakers. La fréquence à laquelle ces cycles surviennent change selon la partie du tube digestif dans laquelle on se trouve. En effet, ces cycles sont absents dans l'œsophage et dans la partie proximale de l'estomac.

III-3- Système nerveux entérique

a/Système nerveux intrinsèque

Le système digestif possède un système nerveux intrinsèque appelé système nerveux entérique. Celui-ci se divise en 2 plexus dont les rôles sont en accord avec leur localisation dans la paroi :

- **Plexus myentérique** (ou plexus d'Auerback) : Ce plexus est situé entre les couches musculaires longitudinale et circulaire. Il est surtout responsable du contrôle moteur.
- **Plexus sous -muqueux** (ou plexus de Meissner) : Celui-ci est situé entre la couche musculaire circulaire et la muqueuse. Il s'occupe surtout des sécrétions gastro-intestinales et du débit sanguin local.

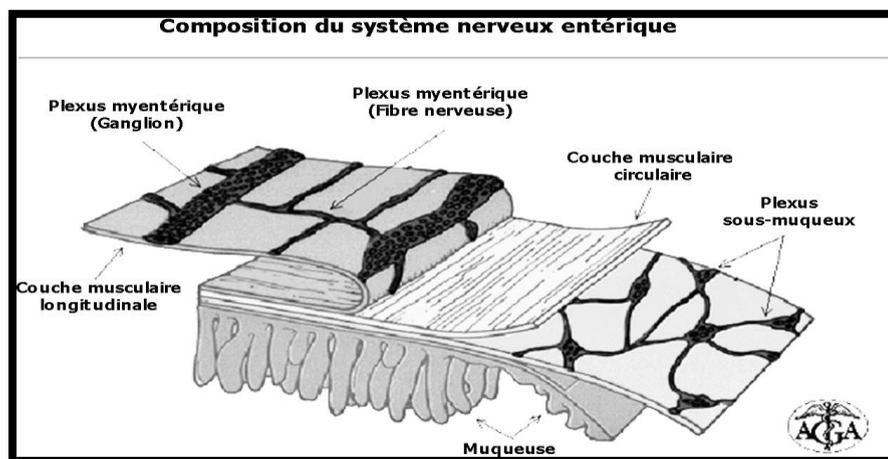


Fig 8. Système nerveux entérique

b/ Système nerveux extrinsèque

Bien que le système nerveux entérique puisse assurer la motilité du tube digestif à lui seul, le système digestif est également sous l'influence des systèmes nerveux sympathique et parasympathique :

- **Sympathique** : La plupart des fibres sympathiques post-ganglionnaires proviennent des ganglions coeliaques ou mésentériques. Ces fibres efférentes inhibent le système nerveux entérique, ce qui entraîne une diminution des contractions et du tonus du tube digestif à l'exception des sphincters. En effet, le sympathique a une action contraire au niveau des sphincters : il entraîne leur contraction. Le sympathique assure également l'innervation sensitive (douleur) du système digestif.
- **Parasympathique** : L'innervation parasympathique est assurée par les nerfs vagues et pelviens. Lorsque le parasympathique est stimulé, cela entraîne

une augmentation de l'activité tant motrice que sécrétoire.

❖ Péristaltisme

La présence d'aliments dans la lumière du tube digestif cause un étirement de la paroi qui est perçu par des neurones sensibles à l'étirement. Ceux-ci stimulent ensuite le système nerveux parasympathique agissant au niveau du plexus myentérique, ce qui entraîne une contraction en amont (via l'acétylcholine) et une relaxation en aval (via le VIP/NO).

IV. Régulation du système digestif

Les organes du système digestif doivent communiquer entre eux afin d'assurer une digestion adéquate. Pour se faire, le système digestif a recours à 3 voies de communication, soit paracrine, endocrine et neurocrine.

- **Endocrine** : Une cellule endocrine sécrète, dans la circulation sanguine, des substances qui vont agir à distance sur des cellules cibles. Il est à noter que dans le système digestif, les cellules endocrines sont intercalées entre les autres cellules de la muqueuse intestinale et qu'elles ne forment pas de glandes endocrines proprement dites.
- **Paracrine** : La substance sécrétée se contente d'aller agir sur les cellules voisines.
- **Neurocrine** : Les substances sécrétées par cette voie sont les médiateurs chimiques neuronaux.

Tableau I. Principales hormones et principaux neuromédiateurs du tube digestif, qui se retrouvent par ailleurs au niveau du système nerveux

Hormones	Sources	Stimulants	Actions	Voies
Leptine	Estomac, tissu adipeux	Énergie, adrénérquiques	↗ dépense énergétique, diminue la faim	Horm, para
CCK	Duodéno-jéjunum	Lipides, peptides	Contracte la vésicule biliaire, ↘ contraction gastrique, ↗ sécr. pancréat. exocrine, diminue la faim	Horm, para, neuro
Ghréline	Estomac, duodénum	Jeûne	Stimule la faim	Horm, para
GIP	Duodéno-jéjunum	Glucose	Stimule insuline et faim	Horm
Motiline	Estomac	Pression intragastrique	Accélère la vidange gastrique, stimule la faim ?	Para, horm
PYY	Iléon	Protides	Diminue la faim	Endo
PP	Pancréas	Vague, peptides	↗ sécr. pancr. exocrine, diminue la faim	Endo
NPY	Grêle distal (iléon)	Repas	Stimule la faim, anti-lipolytique	Neuro, para ?
Entéroglucagon	Iléon	Glucides, lipides	Inhibe sécrétions, diminue la faim	Horm
Gastrine	Antre gastrique, cell. G endo-crine et neurones	Peptides, aa, glucides, GRP, distension	Stimule HCl, trophicité	Horm, para
Somatostatine	Antre gastrique, cell Ddu pancréas	Peptides, hormones	Inhibe toutes les sécrétions exo- et endocrines	Horm, para, neuro
Histamine	Estomac, duodéno-jéjunum	Peptides, acétylcholine	Stimule HCl	Para
Sécrétine	Duodéno-jéjunum	Bol alimentaire, peptides, HCl	↗ sécr. bicarbonates pancr. ↘ HCl et gastrine	Horm
VIP	Duodéno-jéjunum	Lipides	Relaxe muscle lisse dig, vasodilatation, ↘ HCl, stimule pancréas exocrine	Neuro, horm
GRP	Duodéno-jéjunum	Repas	Stimule gastrine, faim ?	Neuro, horm
Acétylcholine	Estomac, grêle	Stimulation vagale	Stimule sécrétions et contraction muscle lisse	Neuro
Endorphine	Estomac, grêle	Aliments, pression	Action motrice inhibitrice	Para
Enképhaline	Grêle	Aliments, pression	Analogue endorphine	Neuro

IV.2.3 Physiologie du système digestif

De la bouche à l'anus, la nourriture subit de multiples transformations chimiques et mécaniques. Ces modifications peuvent être divisées en 3 phases selon le lieu (l'organe) où les aliments sont transformés en nutriments :

- La phase buccale et oesophagienne
- La phase gastrique
- La phase intestinale

Ces organes jouent des rôles particuliers dans la digestion des aliments grâce à leurs mouvements et sécrétions respectifs.

IV.2.3.1 Phase buccale et œsophagienne

❖ Sécrétions salivaires

Avant même l'ingestion d'aliments, le système digestif se prépare à leur arrivée. La vue, l'odorat, l'ouïe (bruit de la viande qui grille) ou tout simplement le conditionnement suffisent à initier l'activité digestive. En effet, ces stimuli déclenchent un influx qui est intégré dans le cortex cérébral et qui engendre une réponse vagale. Cette réponse entraîne une augmentation des sécrétions salivaires, gastriques et pancréatiques de même que la contraction de la vésicule biliaire et le relâchement du sphincter d'Oddi, tous deux nécessaires à l'écoulement de la bile.

Composition et rôle de la salive

La salive est principalement composée de mucus, de lipase linguale ainsi que d'amylase salivaire. Le mucus lubrifie la cavité buccale afin de diminuer les dommages causés par le frottement de la nourriture sur l'épithélium.

Tab.2 Composition et rôle de la salive

Substances	Rôle
Mucine	Lubrification
Amylase salivaire	Digestion de l'amidon
Lipase linguale	Digestion des lipides
Lysozyme	Antibactérien
IgA	Antibactérien Défense immunitaire

❖ **Mastication**

La mastication est essentielle à la digestion adéquate des aliments. Elle sert à broyer et à séparer les aliments en petites particules. De plus, la mastication favorise le mélange de la salive aux aliments.

❖ **La déglutition**

L'étape pharyngée de la déglutition commence lorsque l'on presse volontairement le bol alimentaire contre le palais. Ceci provoque une vague de contractions involontaires qui bloquent l'accès des aliments aux voies respiratoires tant supérieures qu'inférieures et qui poussent le bol alimentaire dans l'œsophage.

Le bol alimentaire descend ensuite vers l'estomac pendant l'étape œsophagienne de la déglutition. Pour se faire, l'œsophage présente 2 types de mouvements péristaltiques : le mouvement primaire et le mouvement secondaire.

IV.2.3 .2. La phase gastrique de la digestion

L'estomac reçoit le bol alimentaire qu'il mélange à ses sécrétions et qu'il transforme en chyme. L'estomac peut être divisé en 3 parties fonctionnelles :

- **Région du cardia** : Située à l'entrée de l'estomac, cette portion sécrète du mucus ce qui favorise le glissement et l'entrée des aliments dans l'estomac.
- **Le corps et le fundus** : Sous l'influence du nerf vague, ils se laissent distendre par l'ingestion des aliments. Puisque la majeure partie du contenu

gastrique se trouve au niveau de ces 2 régions, il est logique que ce soit à ce niveau que l'on retrouve le plus de cellules sécrétant le pepsinogène, la lipase gastrique, le facteur intrinsèque ainsi que le HCL.

- **L'antrum et le pylore :** Ces 2 régions servent de malaxeur en triturant la nourriture. Les contractions au niveau de ces régions mélangent et broient les aliments avant de les laisser sortir en petite quantité par le pylore. Le pylore étant riche en cellules de surface, cela lui permet de diminuer l'acidité du chyme qu'il laisse sortir dans le duodénum (protégeant ainsi la muqueuse intestinale de l'acidité).

Sécrétions gastriques : Les sécrétions de l'estomac sont assurées par 4 types de cellules :

Tab. 3 : Produits et rôle des différents types de cellules de l'estomac

Types de cellules	Produits principaux	Rôles
Cellules de surface	✓ Mucus ✓ HCO ₃ ⁻	✓ Lubrification ✓ Protection
Cellules pariétales	✓ H ⁺ ✓ Facteur intrinsèque	✓ Digestion des protéines ✓ Lier la vitamine B ₁₂
Cellules principales	✓ Pepsinogène ✓ Lipase gastrique	✓ Digestion des protéines ✓ Digestion des lipides
Cellules endocrines	✓ Gastrine ✓ Histamine ✓ Somatostatine	✓ Régulation de la sécrétion d'acide

La digestion gastrique

Comme les enzymes gastriques ne digèrent que partiellement les aliments ingérés, la majeure partie de la digestion se fait dans l'intestin.

Tabl. 4 Rôles de l'estomac dans la digestion

Entrée	Mécanisme de modification des produits	Sortie
Bol alimentaire	✓ Motilité gastrique	✓ Chyme (suspension de petites particules)
Triglycérides	✓ Lipase linguale ✓ Lipase gastrique (surtout)	✓ TG ✓ 2-monoacylglycérol* ✓ Acides gras
Protéines	✓ Pepsinogène ✓ Acide gastrique	✓ Protéines ✓ Peptides ✓ Acides aminés
Amidon	✓ Amylase salivaire	✓ Amidon ✓ Oligosaccharides
Eau et ions	✓ Sécrétions gastriques et salivaires	✓ Addition de 500 ml d'un liquide acide hyperosmolaire rempli d'ions

* La lipase agissant moins bien sur les liens 2- que sur les liens 1- et 3-, ceci explique pourquoi les produits consistent en acides gras et en 2-monoacylglycérol.

❖ La phase intestinale de la digestion

L'arrivée du chyme gastrique dans l'intestin provoque la sécrétion de plusieurs substances par différents organes qu'il convient d'étudier séparément.

▪ *Pancréas : sécrétions pancréatiques*

Le suc pancréatique contient beaucoup d'ions HCO_3^- ce qui permet de neutraliser, avec l'aide de la bile et des sécrétions intestinales, le pH duodéal rendu acide par le contenu gastrique. Il contient également plusieurs enzymes agissant sur les différentes composantes d'un repas :

Tab. 5 : Enzymes contenus dans le suc pancréatique

Protéases	Lipases	Amylase	Nucléases
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trypsinogène ➤ Chymotrypsinogène ➤ Proélastase ➤ Procarboxypeptidase A ➤ Procarboxypeptidase B 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lipase ➤ Phospholipase ➤ Cholestérol-ester-hydrolase 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Amylase pancréatique 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ribonucléase ➤ Désoxyribonucléase

- Plusieurs neurotransmetteurs peuvent alors contribuer à l'augmentation des sécrétions pancréatiques :
 - ☞ GRP
 - ☞ VIP
 - ☞ Acétylcholine

Références bibliographiques

- [1] Stewens and Lowe. Le tube digestif. Dans *Histologie humaine*. 2nde Ed. De BoeckUniversité; 2002. p. 177-214.
- [2] Guyton&Hall. Partie XII : Physiologie gastro-intestinale. Dans *Précis de Physiologie médicale*. Ed. Piccin., chapitre 64 et 65.
- [3] Murray B, Stofan J, Sallis B. Return to competition following ischemic colitis caused by severe dehydration. *J Sport Rehabil*. 2007 Aug; 16(3):271-6.
- [4] Worobetz LJ, Gerrard DF. Gastrointestinal symptoms during exercise in Enduro athletes: prevalence and speculations on the aetiology. *The New Zealand Medical Journal* 1985 Aug 14; 98(784): 644-6.
- [5] Halvorsen FA, Lyng J, Ritland S. Gastrointestinal bleeding in marathon runners. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 1986 May, 21(4): 493-7.
- [6] Riddoch C., Trinick T. Gastrointestinal disturbances in marathon runners. *Br J Sports Med* 1988; 22:71-4.
- [7] Keefe EB, Lowe DK, Goss JR, Wayne R. Gastrointestinal symptoms of marathon runners. *West J Med* 1984 Oct; 141:481-484.
- [8] Lopez AA., Preziosi JP, Chateau P., Auguste P., Plique O. Traitement des troubles gastriques des sportifs d'endurance. *Med chir Dig* 1995; 24:231-8.
- [9] Smetanka RD, Lambert GP, Murray R, Eddy, D, Horn M, Gisolfi CV. Intestinal permeability in runners in the 1996 Chicago Marathon. *Int J Sport Nutr* 1999; 9: 426-33.
- [10] Ryan AJ, Chang RT, Gisolfi CV. Gastrointestinal permeability following aspirin intake and prolonged running. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28:698-705.
- [11] Peters HPF, Bos M, Seebregts L, De Vries WR and al. Gastrointestinal symptoms in long-distance runners, cyclists and triathlete: prevalence, medication and etiology. *The American journal of gastroenterology*. 1999; 94: 1570-81.
- [12] Collings KL, Pierce PF, Rofriguez-Stanley S, Bemben M, Miner PB. Esophageal reflux in conditioned runners, cyclists and weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35:730-5.
- [13] Morton DP, Callister R. Characteristics and etiology of exercise-related transient abdominal pain. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 432-8.