

# Digestion & Nutrition

# DIGESTION & NUTRITION

## I/ Introduction

## II/ Anatomie du Tube Digestif (TD)

### 1/ Bouche

### 2/ Pharynx

### 3/ Œsophage

### 4/ Estomac

#### 4-1/ Structure

#### 4-2/ Fonctions

#### 4-3/ Vascularisation

### 5/ Intestin grêle

#### a- Description

#### b- Structure

#### c- Fonctions

### 6/ Le colon et le rectum

#### a- Description

#### b- Structure

#### c- Fonctions

#### d- Vascularisation

### 7/ Foie :

#### a/ Description

#### b/ Structure

c/ Vascularisation

d/ Fonctions hépatiques

**8/ Voies biliaires**

**9/ Pancréas**

a/ Description

b/ Structure

c/ Fonctions

## **III/ Physiologie de la digestion**

**A/ Sucs digestifs**

**1/ Suc salivaire**

**2/ Suc gastrique**

**3/ Suc pancréatique**

**4/ Suc biliaire**

## **IV/ Nutrition**

**A/ Besoins Alimentaires**

**1/ Besoins en protéines**

**2/ Besoins en lipides et acides gras**

**3/ Besoins en glucides**

3-1/ Calcule de l'index glycémique d'un aliment

3-2/ Détermination des Index Glycémiques par moyenne

3-3/ Calcul de la charge glycémique (CG)

<https://youtu.be/Ob3BgOZi2-A>

# I/ Introduction

✓ La **digestion** est une des fonctions qui, chez les **animaux**, concourent à la **nutrition**. Elle a pour but de **transformer** les aliments, de façon à les rendre utilisables par l'organisme. C'est donc un mode de transformation **mécanique** et **chimique** des **aliments** en **nutriments** assimilables ou non par l'organisme.

✓ La digestion est un processus présent chez tous les organismes **hétérotrophes**. Elle a lieu dans un **système digestif** qui peut correspondre à une simple **vacuole digestive** d'une **eubactérie**, ou dans un **appareil digestif spécialisé** comme c'est le cas des **mammifères supérieurs**. Elle peut aussi se définir comme étant une **simplification moléculaire**

✓ Pour **fonctionner**, notre organisme a besoin d'**énergie**. Celle-ci est fournie par l'**alimentation**. Cependant, les aliments que nous consommons, pour la plupart composés de **lipides**, **glucides** et **protides**, ne sont pas directement utilisables par nos organes. Ils doivent être digérés au préalable pour être **absorbés** au niveau **intestinal** et **assimilés** par nos **œ**.

✓ Il faut faire la différence entre un **aliment**, qui est un mélange complexe de substances d'origine généralement naturelle et qui doit être associé à d'autres aliments en proportions convenables pour répondre à un besoin, et un **nutriment** qui représente une substance nutritive directement assimilable dont le corps a besoin et qu'il ne peut produire lui-même.

✓ La digestion comporte à la fois des **processus mécaniques** et des **processus chimiques**. Les **pro. mécaniques** permettent la réduction des **aliments** en petites particules, leur **brassage** avec les **sucs digestifs**, ainsi que leur **progression** le long du **T. D**, selon un mécanisme appelé **péristaltisme**

- ✓ Les **processus mécaniques** comprennent :
  - La **mastication**,
  - La **déglutition**, contrôlée par le **pharynx**, qui permet le passage du bol alimentaire dans l'**œsophage**,
  - Le **péristaltisme**,
- ✓ Les **processus chimiques** comprennent **3 réactions chimiques** de base menées à bien par des **enzymes spécifiques** :
  - La **conversion** des **glucides complexes** en **sucres simples** comme le **glucose**
  - La **fragmentation** des **protéines** en **acides aminés (a.a.)**
  - La **conversion** des **lipides** en **acides gras** et **glycérol**
- ✓ Les **transformations mécaniques** sont réalisées par le système masticateur et la couche de muscles bordant le tube digestif (**brassage alimentaire**),
- ✓ Les **transformations chimiques** sont réalisées par le complexe enzymatique (**catalyse enzymatique**). Elles varient avec les **sucs digestifs** agissant sur le bol alimentaire (**suc salivaire, suc gastrique, suc pancréatique**, etc.) et sont couplées à une **T°** et un **pH** favorisant les réactions enzymatiques. Par exemple, le **pH** de l'**estomac** est de **3** en attente d'une prise alimentaire et la **T°** est de **37°C**
- ✓ Cependant, l'appareil digestif possède également **2** autres rôles :
  - Un rôle de **défense** de l'organisme
  - Un rôle **endocrinien**

## II/ Anatomie du Tube Digestif

✓ Réduit à sa plus simple expression, le **TD** peut être considéré comme un tube ouvert, s'étendant d'une extrémité à l'autre du corps, et dont l'orifice supérieur, **bouche**, lui est commun avec l'**appareil respiratoire**. L'orifice inférieur constituant l'**anus**

✓ On distingue dans la structure de ce tube **3 tuniques** concentriques. La tunique interne, **muqueuse**, qui provient de l'**endoderme**, entourée d'une couche moyenne, **sous-muqueuse** riche en **tissu lymphoïde** et en **vx sanguins**. La troisième tunique externe, la **muscleuse**, composée de **fibres musculaires lisses**, disposées les unes internes circulaires, les autres externes longitudinales

✓ L'**appareil digestif (AD)** est l'ensemble des **organes** qui assurent la **transformation** et l'**assimilation** des aliments. Une partie de cet **AD** se situe **au-dessus** du **muscle diaphragme**, qui sépare le **thorax** et l'**abdomen**. Cet étage **sus-diaphragmatique** comprend :

- La **bouche**, ⇒ **mastication**;
  - Le **pharynx**, ⇒ **déglutition**;
  - L'**œsophage** qui conduit les aliments vers l'estomac.
- ✓ L'autre partie de l'**AD** se situe **dans la cavité abdominale**. Cet étage **sous-diaphragmatique** comprend :
- L'**estomac**, ⇒ **malaxage** du bol alimentaire et sa transformation **chyme intestinal**;
  - Les **3 parties** de l'**intestin grêle** (**duodénum**, **jéjunum** et **iléon**), lieu du démontage chimique des aliments en **nutriments** et de leur **absorption**;

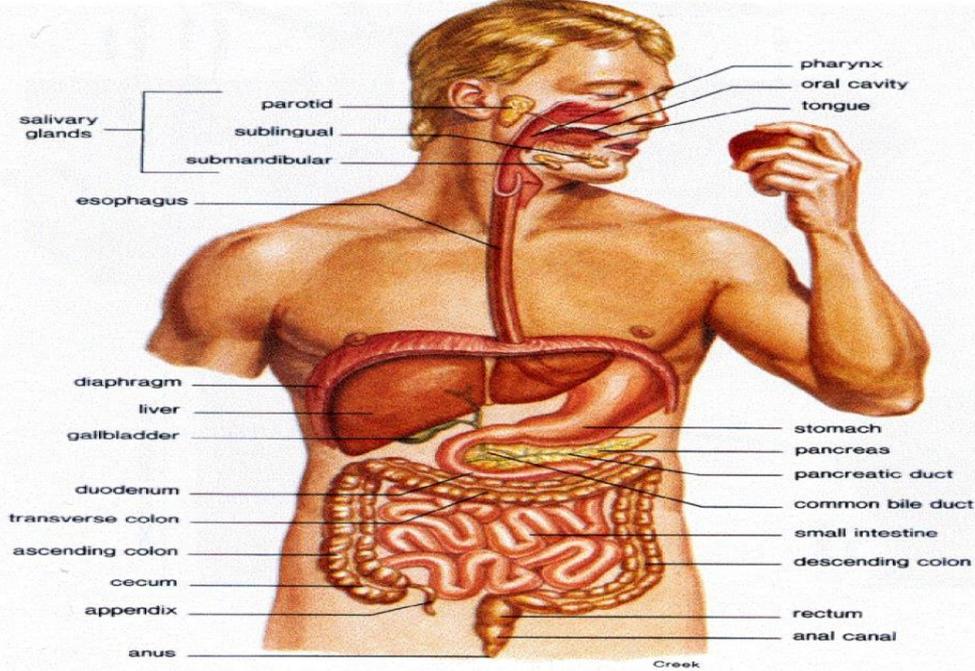
- Le **côlon** et son **appendice**, lieu de concentration des **déchets non absorbés**;
- Le **rectum** et l'**anus**, voies d'**élimination des déchets** résiduels.

[Fig. 1](#)

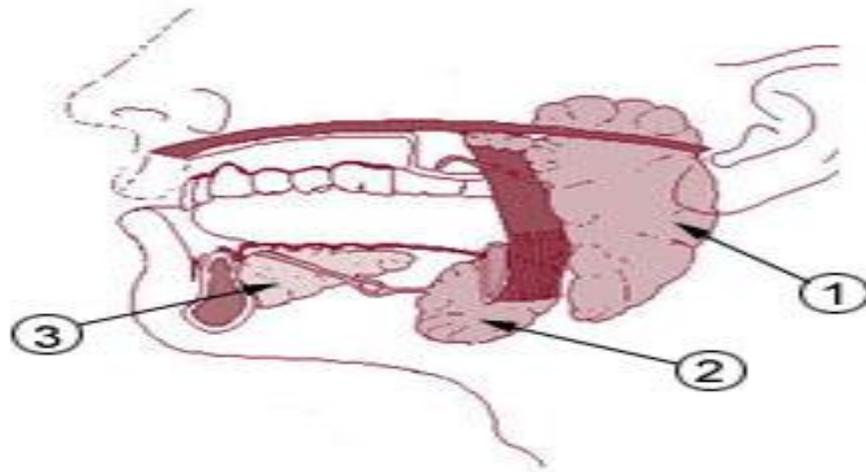
## 1/ Bouche

- ✓ Zone d'**ingestion** des aliments, elle est tapissée d'une **muqueuse**, comprenant les **dents**, les **glandes salivaires** et la **langue**. Elle assure **3 fonctions digestives**, la **gustation**, la **mastication** et la **déglutition**
- ✓ La bouche comprend **2 cavités** : le **vestibule**, délimité par les lèvres, les joues et les dents, et la **cavité buccale**, comprise entre la partie arrière des dents et le pharynx. Elle contribue à la digestion par son **action mécanique** ⇒ **mastication** et **humidification**, et par son **action chimique** ⇒ l'**amylase salivaire** qui assure la dégradation des **glucides**
- ✓ Les **glandes salivaires** sont des glandes annexées à la cavité buccale et sont au nombre de **3 paires**, les **glandes parotides** (les + volumineuses), les **glandes sous maxillaires** (ou **submandibulaires**) et les **glandes sublinguales**
- ✓ Elles comprennent des **îlots** dispersés dans toute la **muqueuse**, et sécrètent ≈ **1,5 l/j** de **salive** qui permet d'humecter les muqueuses buccale et du pharynx, facilite la **phonation**, permet la **mastication** et la **déglutition**, elle a également un rôle **antiseptique**, rôle de **protection** de l'**œsophage**. Il existe d'autres glandes salivaires **accessoire**s dans les lèvres (lèvres humectées).

[Fig 2](#)



**Fig. 1:** L'ensemble des organes constituant l'appareil digestif chez l'homme dans sa partie **étage sus-diaphragmatique** et sa partie **sous-diaphragmatique**

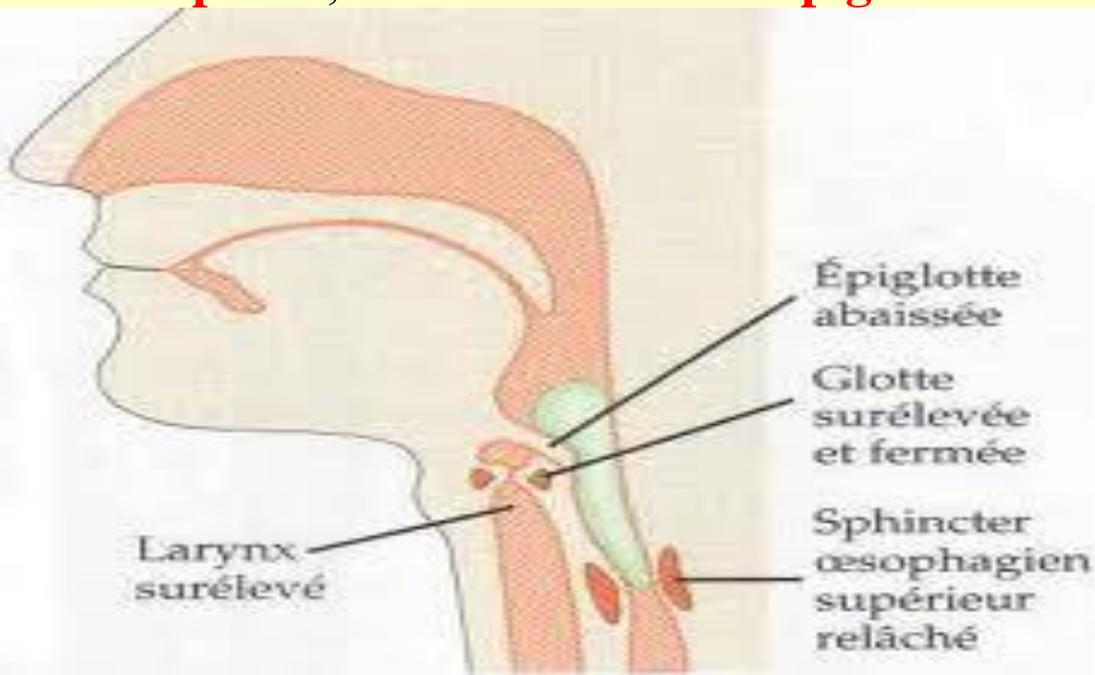


**Fig.2 :** Emplacement buccal des différentes **glandes salivaires** assurant le début de la digestion : **(1) glande parotide, (2) glande sous maxillaire, (3) glande sublinguale.**

## 2/ Pharynx

- ✓ C'est le **Carrefour aéro-digestif**, qui permet aux aliments et à l'air de rejoindre respectivement l'**œsophage** et la **trachée**. Il se résume à la **gorge**, qui est un conduit musculaire et membraneux qui s'étend de la bouche à l'œsophage
- ✓ Grâce à ce conduit, les **fosses nasales** et le **pharynx** communiquent, il constitue donc le carrefour des voies de la **respiration** et de la **digestion**.
- ✓ Le **pharynx** est tapissé d'une **muqueuse** et équipé d'une **muscleuse** constrictrice qui propulse le bol alimentaire dans l'œsophage et assure la **déglutition**. Cette dernière est déclenchée par le contact des aliments dans l'arrière gorge (**réflexe**).
- ✓ Le **temps pharyngien** est caractérisé par la fermeture des voies aériennes, élévation du **voile du palais**, et abaissement de l'**épiglote** au niveau du **pharynx**

[Fig. 3](#)

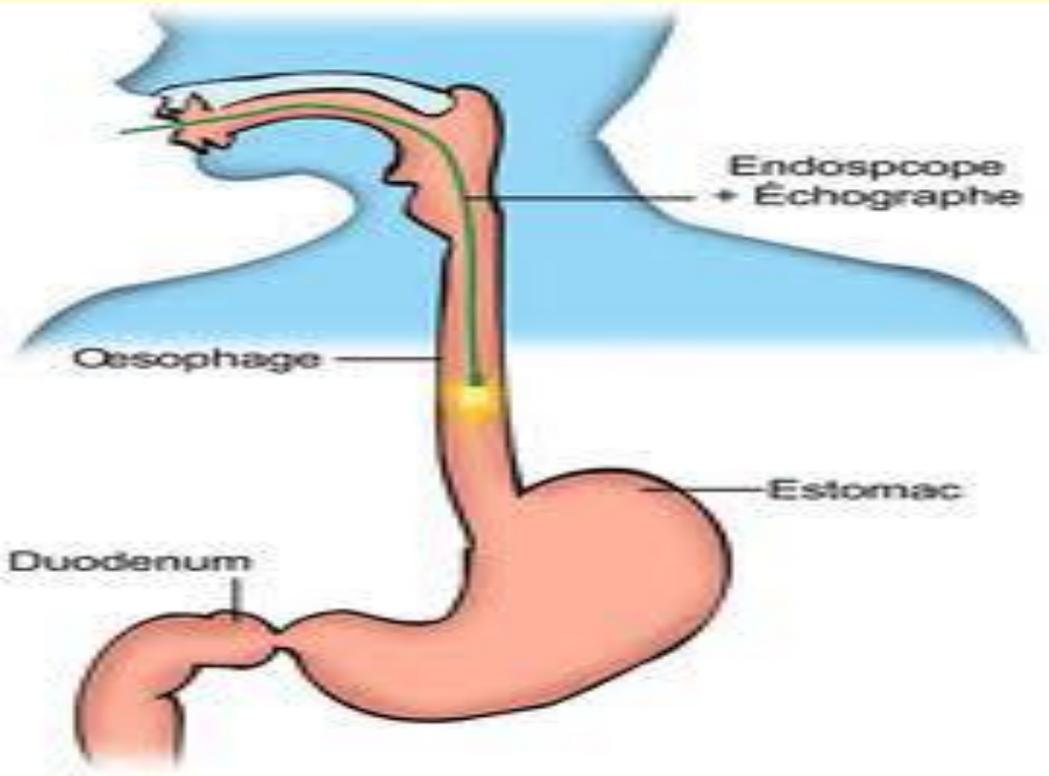


[Fig. 3](#) : Structure du pharynx et du larynx. C'est un **Carrefour aéro-digestif**, qui permet aux aliments et à l'air de rejoindre respectivement l'**œsophage** et la **trachée**. Il se résume à la **gorge**, qui est un conduit musculaire et membraneux qui s'étend de la **bouche** à l'**œsophage**.

### 3/ L'œsophage

✓ Un conduit **musculo-membraneux** d'environ **25cm** de long chez l'**homme**, qui débute au **pharynx** et fini dans l'**estomac**, il traverse le **médiastin** thoracique, le **diaphragme** et débouche dans l'**estomac** au niveau du **cardia** (sphincter). Il assure le transport des aliments depuis le pharynx jusqu'à l'estomac. Il est composé de **4 tuniques** **Fig. 4**

- La **muqueuse**, épithélium pavimenteux contenant les glandes à **mucus**. Non équipé pour résister aux reflux **acides** du contenu gastrique;
- La **sous muqueuse**, tissu conjonctif riche en vaisseaux sanguins et lymphatiques, fibres nerveuses et fibres élastiques;



**Fig. 4** : L'**œsophage** est un conduit **musculo-membraneux** d'environ **25 cm** de **long** chez l'**homme**, qui débute au **pharynx** et fini dans l'**estomac**. En se contractant il permet de **mélanger** et de **propulser** les aliments sous forme d'**onde** de contraction appelée **péristaltisme œsophagien**.

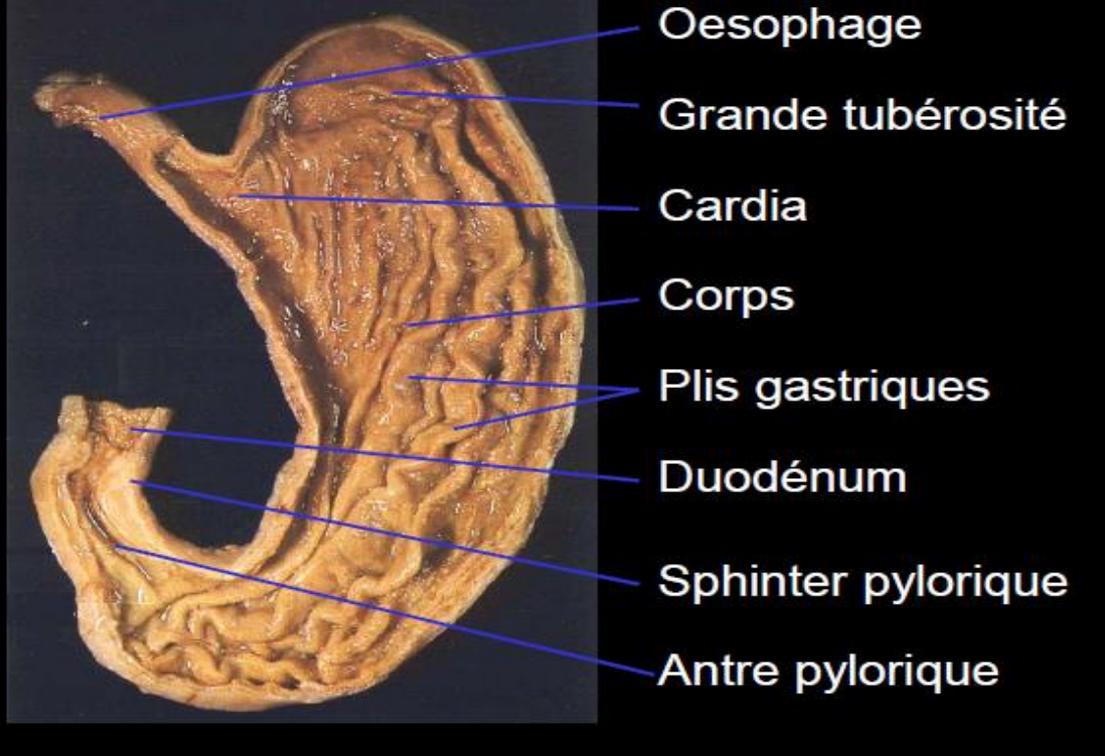
- La **musculeuse**, avec une couche circulaire et une couche longitudinale, qui en se contractant permettent de mélanger et de propulser les aliments dans le tube digestif sous forme d'onde de contraction qui se propage de proche en proche le long de l'œsophage, ⇒ le **péristaltisme œsophagien**.
  - L'**adventice fibreux**, tissu conjonctif fibreux.
- ✓ Les aliments qui ont été mélangés dans la bouche avec l'**amylase**, continuent d'être dégradés dans l'œsophage pour la transformation de l'**amidon** en sucre simple.

## 4/ Estomac

- ✓ Un **réservoir** en forme de **J**, situé entre l'**œsophage** et l'**intestin**, d' $\approx$  **25cm** de **long** sur **10cm** de **large** et **10cm** d'**épaisseur**, avec une **capacité** de **1,5 l**. C'est un organe **thoraco-abdominal**, il se trouve **sous** le **diaphragme** et au **dessus** du **côlon transverse**. Il transforme le bol alimentaire en **chyme gastrique**. On y distingue différentes parties :
- Le **corps**, qui est la partie **verticale** et dont la partie supérieure se nomme le **fundus**
  - La partie **pylorique**, qui est la partie **horizontale** qui est composée de l'**antre** et se termine par le **pylore** abouché au duodénum
  - **2 orifices** : le **cardia** à l'entrée de l'estomac et le **pylore** à la sortie (voir figure).

### 4-1/ La structure de l'estomac

- ✓ L'**histologie** de l'estomac montre un certain nombre de **couches** qui la composent :



Au repos, la **muqueuse gastrique** présente de nombreux **plis longitudinaux**. Ces plis permettent une grande distension après le repas. Anatomiquement, l'**estomac** se divise en **4 régions**, le **cardia**, la **grande tubérosité** ou **fundus**, le **corps** et l'**antre pylorique**. Le **pylore** se termine par un puissant **sphincter** entourant la jonction gastroduodénale.

- **Muqueuse**, avec les plis gastriques qui abrite de nombreuses **glandes** assurant les sécrétions **acide** et **alcaline**. Au niveau du **fundus**, ces glandes sont composées de **3** types de **cellules**, les **ç bordantes** qui vont sécréter l'**acide chlorhydrique** et le **facteur intrinsèque** qui sert à l'absorption de la **vitamine B<sub>12</sub>**. Les **ç pariétales** simples qui sécrètent la **pepsine**. Et les **ç à mucus** qui protègent la muqueuse contre les sécrétions acides. Au niveau de la **muqueuse** de l'**antre**, on trouve des **ç à mucus** et des **ç à gastrine**, hormone gastrique qui régule la sécrétion acide, appelés aussi **ç G**.
- **Sous-muqueuse**, composée de structures **lymphoïdes** et de **vaisseaux sanguins**
- **Musculeuse**, composée de **fibres musculaires lisses** pour le **brassage** des aliments.
- **Séreuse**, qui recouvre l'estomac

## 4-2/ Les fonctions de l'estomac

✓ Ces fonctions peuvent être résumées comme suite :

- **Motricité** : les contractions de la paroi musculaire de l'estomac assurent le **brassage** et le **mélange** des aliments avec le **suc gastrique**, le bol alimentaire devient le **chyme**. Ces contractions sont sous **contrôle nerveux** par le **nerf pneumogastrique** et sous **contrôle endocrinien** par différentes hormones qui stimulent la motricité, elles font progresser le chyme vers le **sphincter pylorique** (qui va s'ouvrir et laisser passer de petites quantités du chyme vers le duodénum). [Fig.6](#)

- **Sécrétion** : la digestion se poursuit dans l'estomac grâce à :

- la sécrétion de **pepsine (peptidase)**, la sécrétion d'**HCL**, qui va détruire les **bactéries** présentes dans l'alimentation. Là aussi, la sécrétion est sous **contrôle nerveux** par le **nerf pneumogastrique**, et sous **contrôle hormonal** par la **gastrine**
- la sécrétion de **mucus**, qui constitue un gel dont la capacité est de retenir les **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**. Le mucus tapisse la paroi de l'estomac afin de le protéger des ions **H<sup>+</sup>**
- la sécrétion du **facteur intrinsèque**, qui se lie à la **vitamine B<sub>12</sub>** (au niveau de l'**iléon**).

## 4-3/ La vascularisation de l'estomac

✓ Cette fonction est assurée par plusieurs **artères** et **veines**. Les **artères principales** sont:

- **artère coronaire stomachique** et **artère gastro-épiploïque gauche**, vascularisent la **partie haute** de l'estomac.
- **artère splénique**, qui assure la vascularisation du **fundus**

- **artère pylorique** et **artère gastro-épiploïque droite**, qui assurent la vascularisation de la **partie basse** de l'estomac.

✓ La **vascularisation veineuse** suit approximativement le même trajet que les artères :

- La **veine splénique** reçoit la **veine gastro-épiploïque gauche**, la **veine gastrique courte** et d'autres **veines segmentaires** de la **rate**. Elle reçoit également la **veine mésentérique inférieure**. Elle va ensuite fusionner avec la **veine mésentérique supérieure** pour former la **veine porte**.

- La **veine porte** va recevoir la **veine gastrique droite**. La **veine gastrique gauche** va remonter par le **hiatus œsophagien** (à hauteur de **TH10**) pour s'anastomoser avec les **veines œsophagiennes**

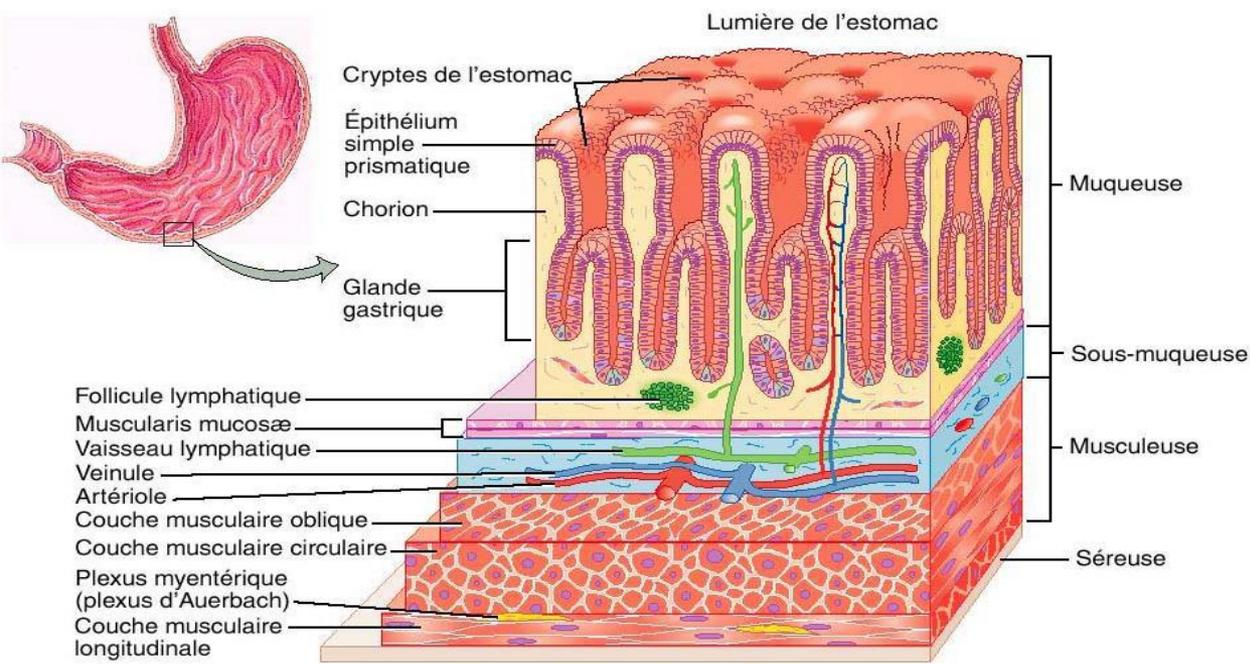
- La **veine mésentérique supérieure** reçoit la **veine gastro-épiploïque droite** pour ensuite former la **veine porte** en fusionnant avec la **veine splénique** juste derrière le **col** du **pancréas**.

[Fig7](#)

## 5/ Intestin grêle

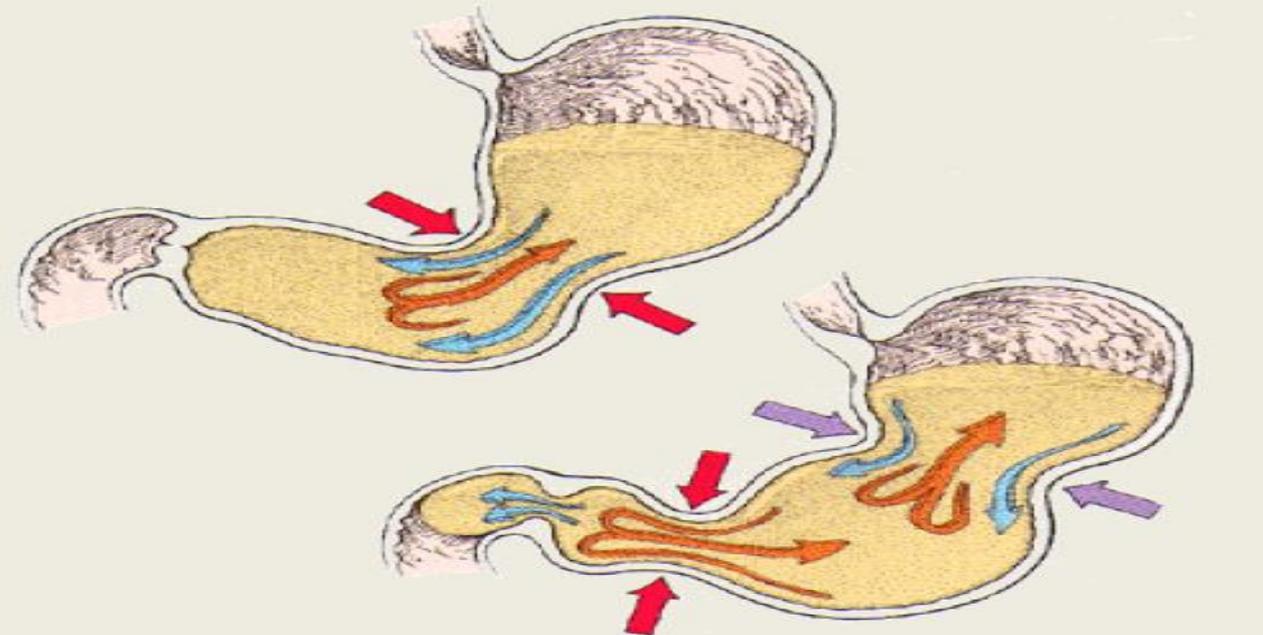
### a- Description

✓ C'est la première partie de l'intestin, elle est très longue et étroite (**≈7m de long**), c'est la que ce fait l'essentiel de la **digestion**, il s'étend de l'**estomac** jusqu'au **gros intestin**

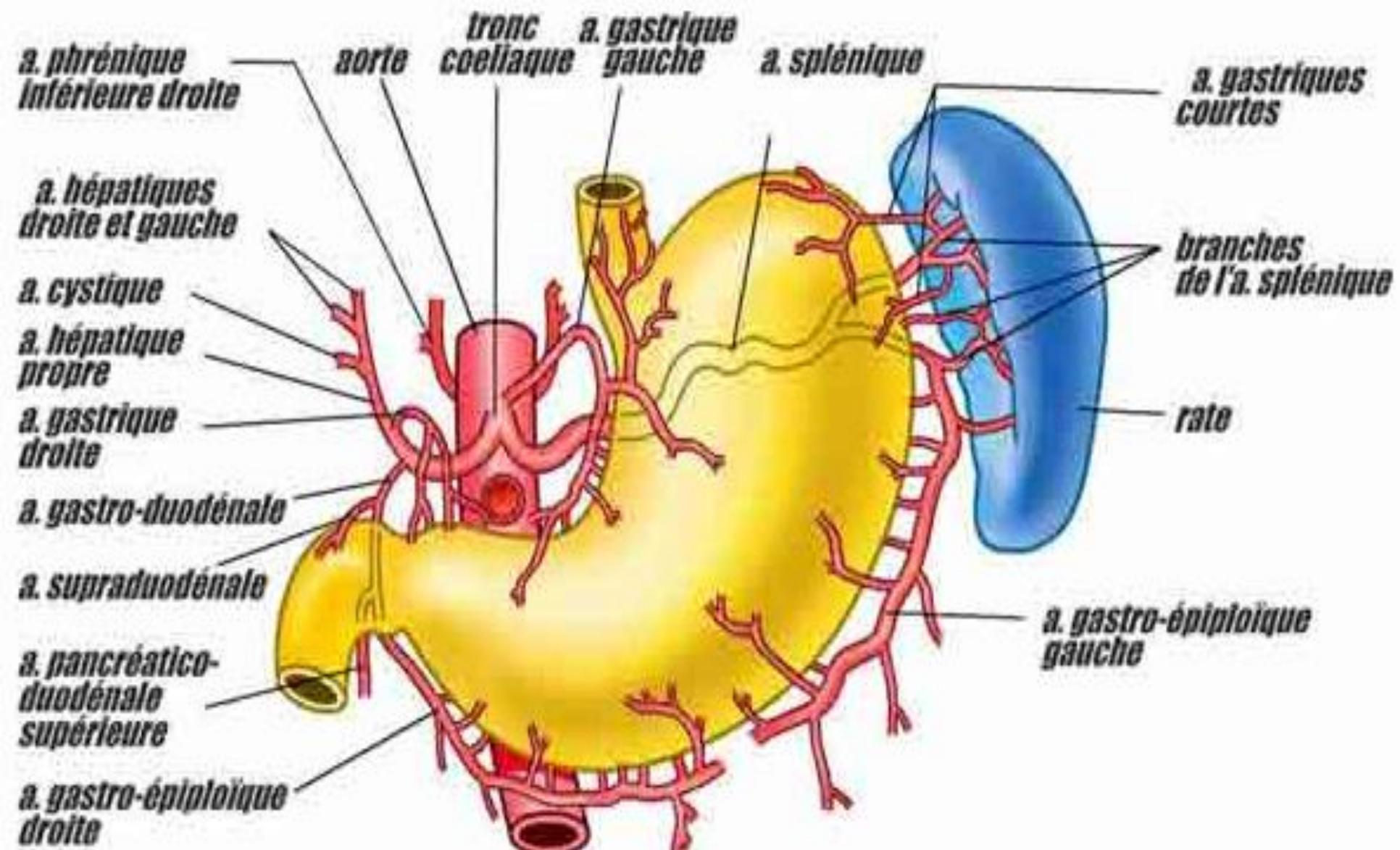


(a) Couches de l'estomac

**Fig.5** : L'**histologie** de l'estomac montre un certain nombre de couches qui la composent. Une **muqueuse** avec des **cryptes glandulaires**, une **sous-muqueuse** contenant des **vaisseaux sanguins** et **lymphatiques**, une **musculeuse** épaisse pour les **contractions gastriques** et une **séreuse** très fine.



**Fig. 6** : L'**estomac** possède un **système de contraction** qui lui permet d'accomplir sa fonction primaire qui est de **mélanger** et de **brasser** les aliments pour une **digestion** efficace

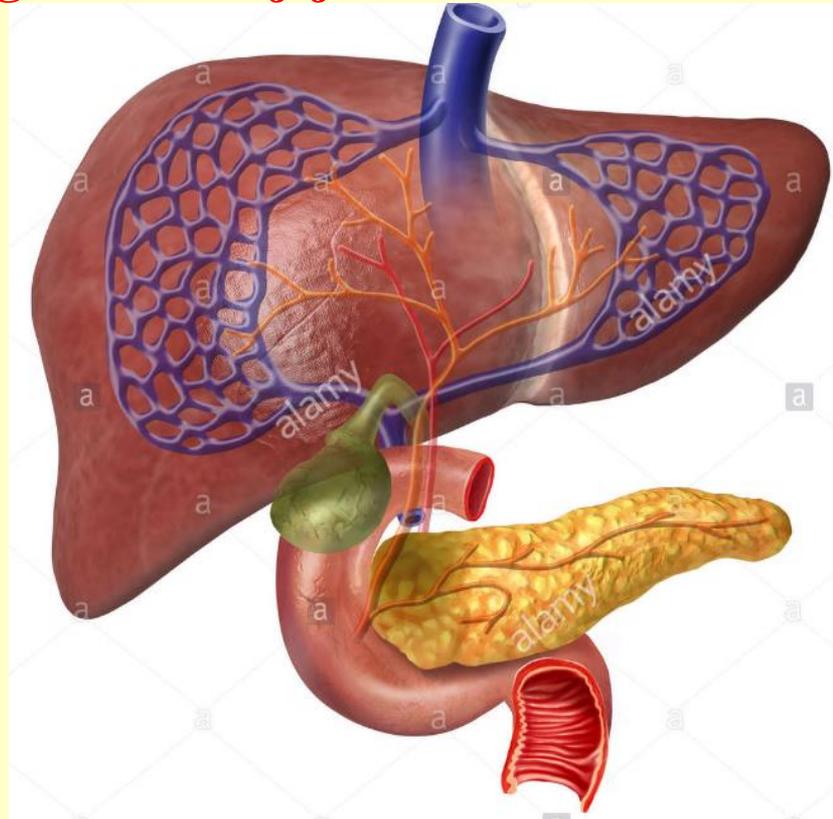
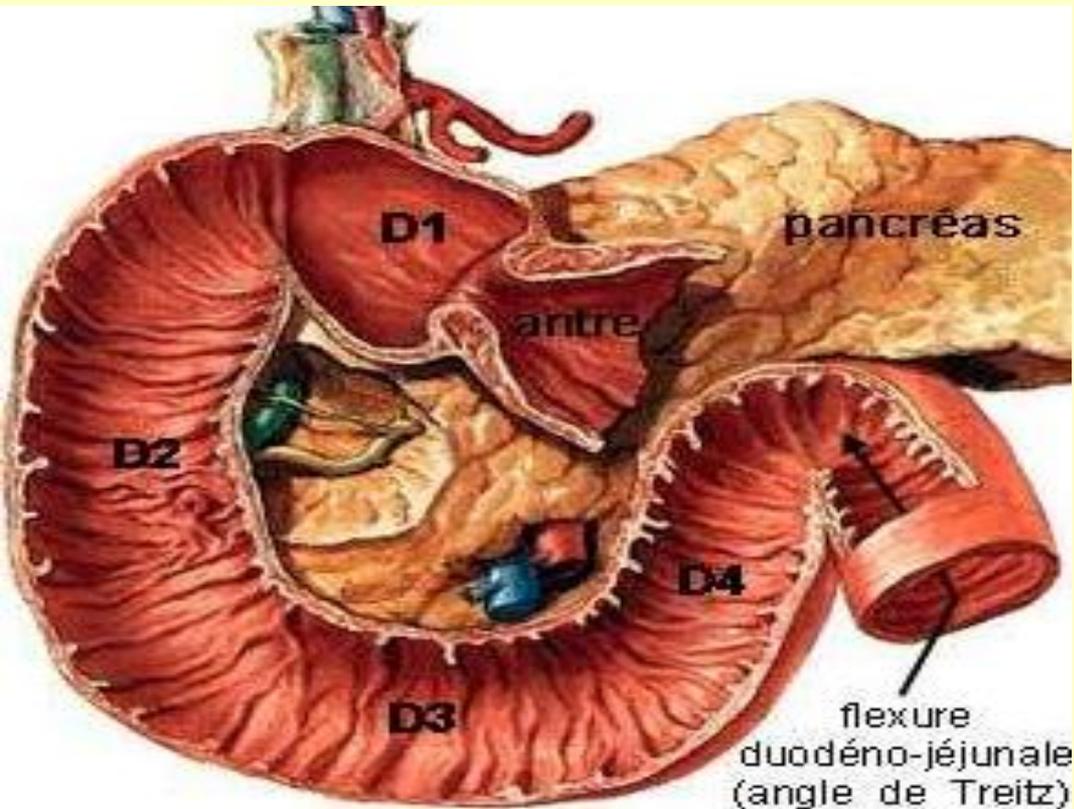


**Fig.7** : L'estomac est vascularisé par des artères émergeant du tronc coeliaque qui sort de l'aorte en T12. De ce tronc naissent plusieurs artères. La vascularisation veineuse suit le même schéma en deux cercles, et se draine dans la veine porte hépatique.

✓ L'intestin grêle s'étend de l'estomac jusqu'au gros intestin et comprend **3 parties** :

- Le **duodénum**, qui s'étend du pylore jusqu'à l'**angle de Treitz** (angle **duodéno-jéjunal**) il comprend **4 parties** :

- **D<sub>I</sub>**, (ou **bulbe duodéal**) ; horizontal, dilaté, siège de prédilection des **ulcères**
- **D<sub>II</sub>**, vertical, où débouchent les **canaux cholédoques** et **pancréatiques**
- **D<sub>III</sub>**, horizontal, il croise la colonne vertébrale au niveau de **L4**
- **D<sub>IV</sub>**, légèrement vertical, se termine par l'**angle duodénojéjunal**



- Le **jéjunum** et
- L'**iléon**, tous les deux mobiles d'une longueur d' $\approx 6m$ , ils commencent à l'**angle duodénojéjunal** et vont jusqu'au **caecum**. Ils sont formés d'une quinzaine d'anses et sont rattachés au plan postérieur par une membrane séreuse composée de **2 feuillets** que l'on nomme le **mésentère** (composé d'**artères** qui sont des **ramifications** de l'**artère mésentérique supérieure** issue de l'**aorte**).

## b- Structure

- ✓ La **muqueuse intestinale** est assez **hétérogène**, elle se caractérise par des replis avec des **valvules** et des **villosités**, mais aussi par des **structures glandulaires**, essentiellement présentes au niveau du **duodénum** qui ont un rôle protecteur de la muqueuse intestinale. On trouve également la présence de **structures antigéniques** indispensable aux **défenses immunitaires**, **plaque de Peyer**.

## c- Fonctions

- ✓ On peut en citer un certains nombre :

**1/ Fonction d'absorption**, C'est la principale et qui permet l'absorption des **nutriments**. La surface **démultipliée** de la **muqueuse intestinale** permet l'absorption de l'eau et des aliments digérés. C'est en fait la suite de la **digestion** déjà entamée dans la **bouche**, l'**œsophage** et l'**estomac** et qui se poursuit dans l'**intestin grêle** avec en plus une absorption des produits de la **digestion**. Elle concerne :

- Les **glucides**, qui constituent environ **50%** de la **ration calorique journalière**. Ces glucides existent sous plusieurs formes :
  - les **polysaccharides (amidon)**, qui représente la majeure partie des glucides absorbés.
  - les **disaccharides**, représentés par le **lactose (glucose + galactose)**, le **saccharose (glucose et fructose)**, le **maltose (2 molécules de glucose)**.
  - les **monosaccharides (oses simples)**, **glucose**, **fructose** et **galactose**.
- Les **protides** qui constituent environ **20%** de la **ration calorique journalière**. La digestion des protides est assurée par des **enzymes gastriques (pepsine)** et par des **enzymes pancréatiques (protéases)** qui permettent la transformation des **protides** en **oligopeptides** et ensuite en **acides-aminés** qui pourront-êre absorbés.
- Les **lipides** qui constituent  $\approx$  **30%** de la **ration calorique journalière**. La digestion des lipides est assurée par la **lipase pancréatique**, qui permet leur absorption sous forme de **glycérol** et d'**acides gras libres** (qui s'agglomèrent avec les **sels biliaires** pour être absorbés). Ces lipides peuvent aussi être transformés sous forme de **cholestérol**.
- L'**eau** et les **électrolytes** sont absorbés quotidiennement à un taux d' $\approx$  **1,5l/j** provenant de l'alimentation. L'intestin sécrète environ **5 à 6l d'eau/j**, au total **6 à 7l/j** d'eau sont absorbés.
- Les **vitamines** sont absorbées soit sous forme de **vitamines liposolubles (A, D, E et K)** avec les **graisses** et les **sels biliaires**, soit sous forme de **vitamines hydrosolubles** (toutes les formes de **B** et la vit. **C**) avec l'**eau** et le **sodium**.

## 2/ Fonction endocrine

✓ Certaines **ç** de la muqueuse intestinale sécrètent des **hormones** qui agissent sur la **sécrétion** et la **motricité intestinale**. On peut en citer :

- la **gastrine**, qui agit sur l'**acidité** de l'**estomac**
- la **cholecystokinine**, qui agit sur la **contraction vésiculaire**
- la **sécrétine**, qui **stimule** la **sécrétion pancréatique**
- la **motiline**, agit sur la **motricité** de l'**estomac**
- la **somatostatine**, qui **inhibe** les **sécrétions digestives**

✓ En plus de cette **sécrétion** d'**hormones**, on peut citer également la **production** d'**≈ 2L** de **mucus** et de **sucs** contenant quelques **enzymes**. L'essentiel des enzymes proviennent de la libération du contenu **endoç** par la desquamation des **ç** de la **muqueuse intestinale**

## 3/ Fonction immunitaire

✓ La **muqueuse intestinale** est une frontière entre la **lumière intestinale** (remplie de **bactéries**) et le **péritoine**. Elle secrète aussi diverses **immunoglobulines (Ig)** qui jouent un rôle dans la **défense bactérienne**. On y trouve la présence de **lymphocytes** dans la paroi, véritable barrage contre les agressions bactériennes et le risque de translocation.

## 4/ Fonction motrice

✓ Les **contractions** de l'**intestin** permettent le **brassage** des aliments et leur **progression**. On assiste aussi à un phénomène de **segmentation**, qui consiste en une série de **contractions localisées**, qui assure le mélange du **chyme** avec des **enzymes digestives** et met les produits de digestion en contact avec la **muqueuse** afin qu'ils soient absorbés, mais ne fait pas avancer le **chyme**.

✓ C'est le **péristaltisme intestinal** qui propulse le chyme dans le **TD**. Les **contractions** sont **faibles** et **lentes** pour permettre la **digestion** des substances contenues dans le **chyme** par la **bile**, le **suc pancréatique** et les **enzymes** afin des les transformer en **nutriments** assimilables, c'est ce qu'on appelle le **temps duodéal**.

## 6/ Le colon et le rectum

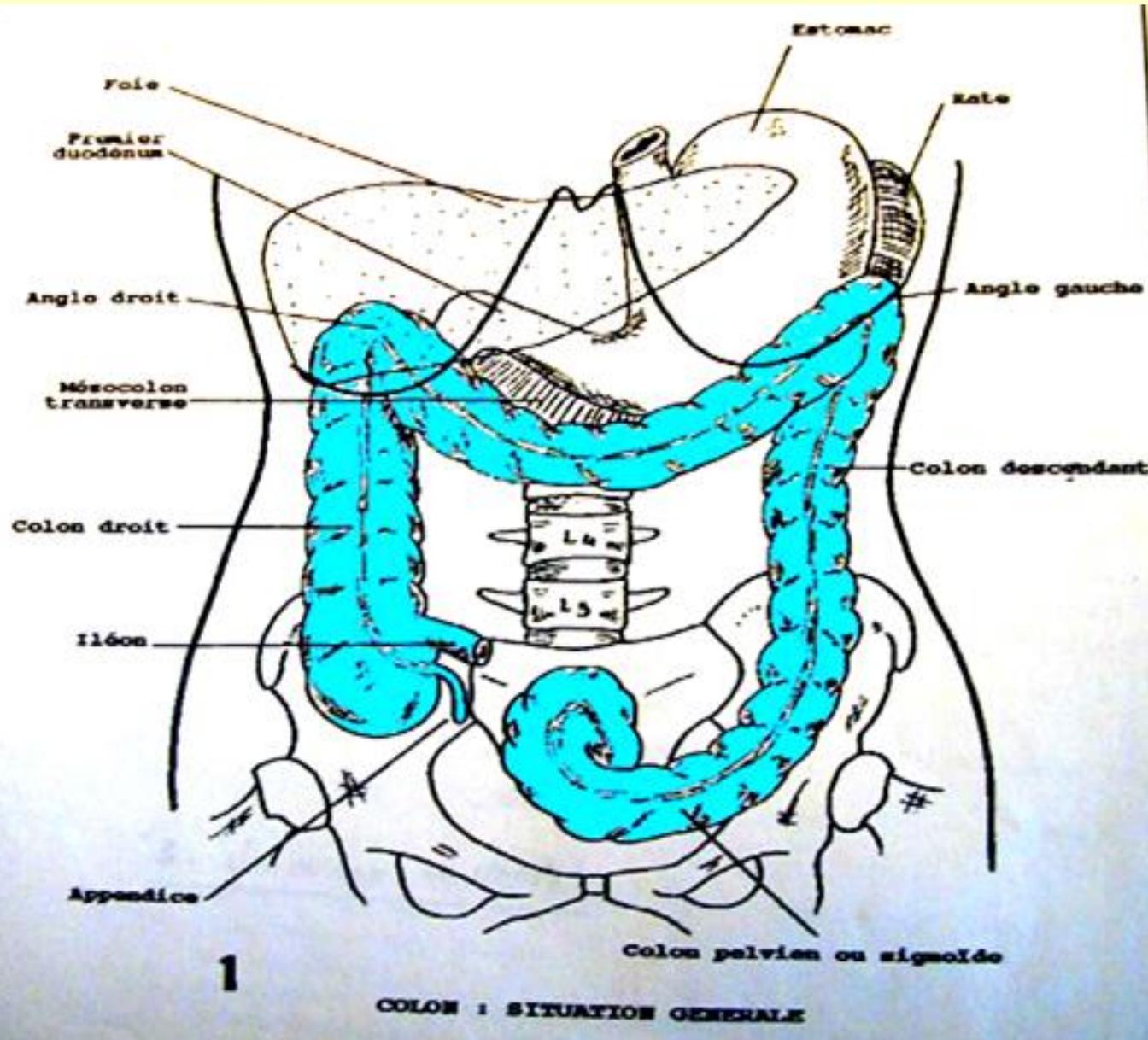
### a- Description

✓ Le **côlon** et le **rectum** forment le **gros intestin** qui peut atteindre une longueur d'≈ **1m** à **1m 80**. Le **côlon** est la partie la plus importante, il forme une espèce de **cadre** qui entoure les **anses intestinales**. La surface du côlon est irrégulière et composée de plusieurs segments :

- Le **Caecum**, partie initiale qui débute par la jonction avec l'**iléon** (**valve iléo-caecale**); il est situé dans la **fosse iliaque droite**.
- L'**appendice**, comme son nom l'indique, c'est une excroissance suspendue au début de la partie ascendante du **colon**. Si ce dernier est inflammé il peut provoquer une **péritonite**
- Le **côlon ascendant** (droit), il va jusqu'à la région **sous-hépatique**, il se termine par l'**angle colique droit**.
- Le **côlon transverse**, il va de l'**angle colique droit** à l'**angle colique gauche** (**angle splénique**) qui est situé dans l'**hypocondre gauche**.
- Le **côlon descendant**, (gauche), il commence à l'**angle colique gauche** et va jusqu'à la **crête iliaque**.
- Le **côlon sigmoïde**, appelé aussi colon **ilio-pelvien** (**colon iliaque** et **colon sigmoïde**), se trouve dans le petit bassin (zone très vascularisée) ; le sigmoïde se termine par le **rectum**, qui lui même se termine par l'**anus**.

✓ Quand on a un **côlon** plus **long** que la normale, on parle de **dolichocôlon** ; quand il est plus **large** que la normale, on parle de **mégacôlon** Le **rectum** par contre est assez court et formé de l'**ampoule rectale** et du **canal anal**.

**Fig. 8**



**Fig. 8** : Le **côlon** forme une espèce de **cadre** qui entoure les **anses intestinales**. La surface du côlon est irrégulière et il est composé de plusieurs segments : Le **Caecum** qui fait la jonction avec l'**iléon**, le **côlon ascendant droit**, le **côlon transverse**, il va de l'**angle colique droit** à l'**angle colique gauche**, le **côlon descendant gauche** et le **côlon sigmoïde** ou **côlon ilio-pelvien** qui se termine par le **rectum** et l'**anus**.

## b- Structure

✓ La Structure est semblable aux autres organes du **tube digestif**, on trouve :

- **Muqueuse**, épaisse avec de **ϕ** à **mucus**, c'est le revêtement interne du **côlon** et du **rectum**. Elle est constituée d'une couche mince de **ϕ épithéliale** appelée **épithélium**, d'une couche de **tissu conjonctif** appelée **lamina propria** et d'une couche mince de **muscle** appelée **musculaire muqueuse**.
- **Sous-muqueuse**, une couche de **tissu conjonctif** qui entoure la muqueuse. Elle est constituée de **glandes muqueuses**, de **vx sanguins**, de **vx lymphatiques** et de **nerfs**.
- **Musculeuse**, située juste après la sous-muqueuse. C'est une couche épaisse de muscle. Elle est formée d'un **anneau interne** de **fibres musculaires circulaires** et d'un **anneau externe** fait de **fibres musculaires longitudinales** qui entourent la paroi du **côlon** et du **rectum**.
- **Séreuse**, est la **couche externe** du **côlon**. Il n'y en a pas sur la plus grande partie du **rectum**

## c- Fonctions

✓ Le **colon** assure plusieurs rôles, on peut citer :

- **rôle moteur**, le colon assure le **brassage** et la **propulsion** des constituants résiduels ; il reçoit aussi les aliments qui n'ont pas été digérés et participe à l'**évacuation** des fèces vers le **rectum**.

- **rôle d'absorption**, il absorbe l'**eau** et les **électrolytes**, l'**iléon** déverse dans le **caecum** entre **500 cl** et **1,5 l** d'**eau**, réabsorbé à **90%** au niveau du **colon**. Les **selles normales** contiennent **100** à **150ml** d'**eau**. Les **électrolytes** sont en majorité réabsorbés par la **muqueuse colique**.
- **rôle de dégradation**, la **flore bactérienne** du **colon** constitue **+/- 30** à **40%** du poids des selles, les germes sont multiples et les **enzymes bactériennes** attaquent les résidus alimentaires ce qui entraîne un phénomène de **fermentation** et de **putréfaction** qui libère les **gaz**.

### d- La vascularisation

- ✓ Le colon est vascularisé par **2 artères** venant de l'**aorte**, l'**artère >**, pour la **partie droite** du **colon transverse**, **colon ascendant** et **caecum**, et l'**artère mésentérique <**, pour la **partie gauche** du **colon transverse**, **colon descendant** et **colon sigmoïde**.

## 7/ Foie

### a- Description

- ✓ C'est un des **organes** les plus **importants** de l'organisme, la plus **grosse glande** du **corps**, reconnaissable par sa **coloration rougeâtre**, gorgé de sang. Son **poids** est d'≈ **1,5 kg** chez l'**adulte** en bonne santé. Il se situe dans l'**abdomen**, dans l'**hypocondre droit** et il est placé sous le **diaphragme** presque entièrement derrière les dernières côtes, ce qui le protège plus ou moins des **traumatismes**.

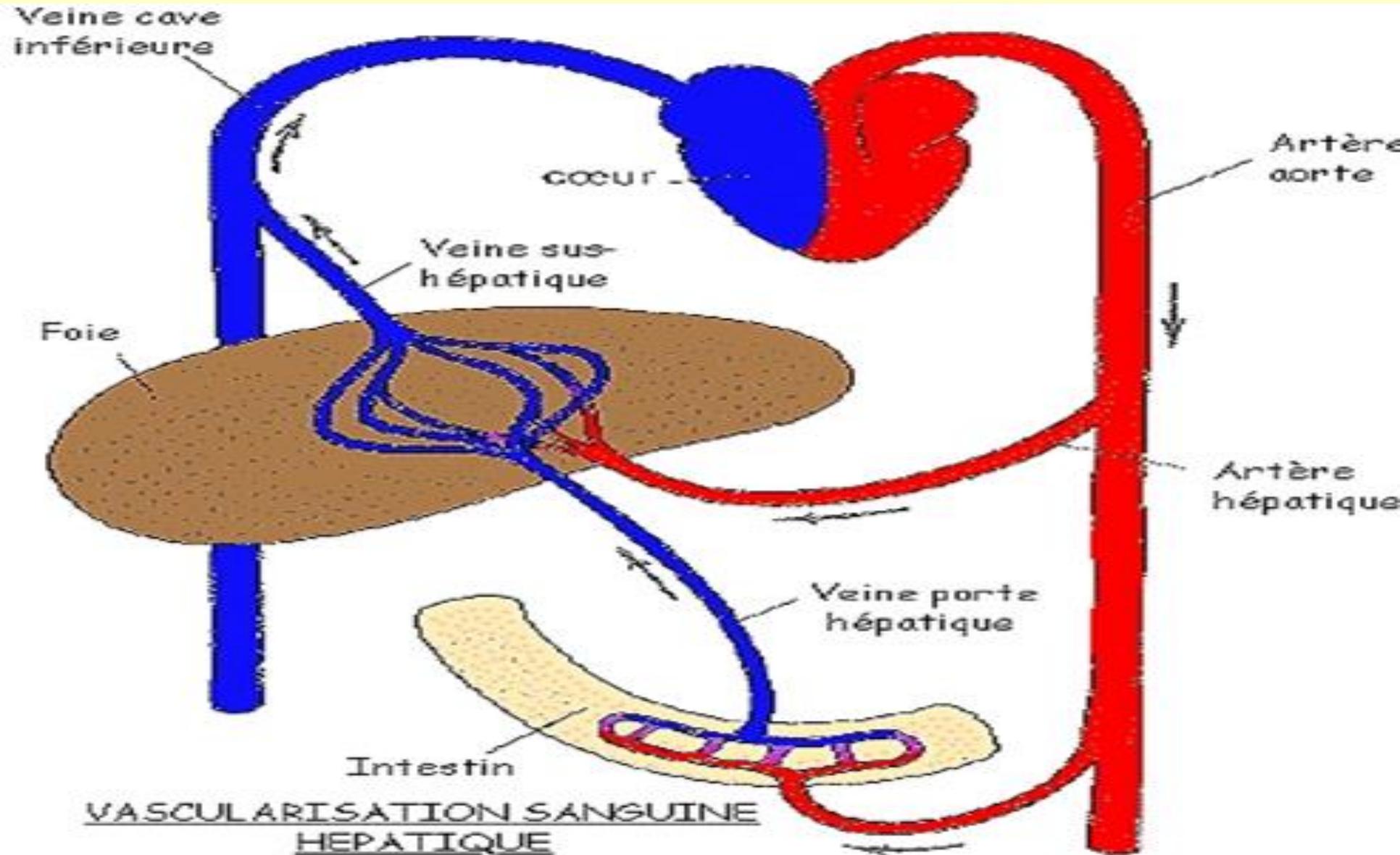
✓ Il est formé de **2 lobes** et entouré d'une enveloppe, **capsule**. Sa face supérieure est attachée à la paroi par un ligament qui sépare le **lobe droit** du **lobe gauche**. Entre ces lobes, le **hile hépatique** (**pédicule hépatique**), composé de la **veine porte**, de l'**artère hépatique**, des **branches droite et gauche** du **canal hépatique**. La **vésicule biliaire** est sur la **face inférieure** du **foie**, au niveau du **lobe droit**.

## b/ Structure

- ✓ Le **foie** est formé de **lobules hépatiques**, unité **fonctionnelle** et **anatomique** du foie, **ordonnés** en **prisme**. A chaque angle de ces prismes, **3 hépatocytes** sont en contact et cette zone de contact est l'**espace porte**.
- ✓ Chaque **espace porte** est constitué d'**une branche** de l'**artère hépatique**, d'**une branche** de la **veine porte** et d'**un canalicule biliaire**. Le sang qui vient des branches de la veine porte circule entre les **hépatocytes** qui prennent certains éléments et en déposent d'autres, **phénomène** de **détoxication** du **sang**, à la fin le sang arrive à la **veine centrolobulaire** et rejoint les **veines sus-hépatiques**.

## c- La vascularisation

- ✓ La vascularisation est **double**, le **foie** est situé en **dérivation** de la **circulation générale** pour pouvoir **filtrer** les **éléments** qui arrivent de la **circulation digestive**. Il **reçoit** le **sang** provenant des **intestins** et de la **rate**, qui arrive par le **tronc porte**, traverse le foie et ressort après des **transformations** par les **veines sus-hépatiques** qui se jettent dans la **veine cave hépatique**.



**Fig. 9** : La **vascularisation hépatique**, le **sang** traverse le **foie** et ressort par les **veines sus-hépatique** via la **veine cave inférieure** jusqu'à l'**oreillette droite**

✓ Le **foie** dispose aussi de sa propre **organisation nourricière** par l'**artère hépatique** qui vient de l'**aorte**, et qui se divise en **2 branches droite et gauche**, Cette artère véhicule un **sang riche en O<sub>2</sub>**. La **veine porte** est **formée** par la **réunion** d'un **tronc veineux**, du **tronc spléno-mésaraïque** et de la **veine mésentérique supérieure**, elle a un **rôle fonctionnel** qui consiste à **recueillir** tout le **sang** drainé des **viscères digestifs** et **riche en nutriments absorbés** au niveau de la **muqueuse intestinale**, ce sang arrive au foie par la **veine porte**.

#### d- Fonctions

- ✓ Le **foie** a **plusieurs fonctions** que l'on peut résumer comme suite :
- **Fonction biliaire** : le **foie** est une **glande digestive exocrine** par sa sécrétion de **bile**, qui est acheminée par les **canaux biliaires** vers le **duodénum** et qui repart par la **veine centrolobulaire**. Il synthétise environ **1l/j** de **bile**, c'est un liquide légèrement alcalin composé essentiellement d'**eau**, d'**acides biliaires** (qui émulsionnent les graisses et les vitamines liposolubles, ce qui permet leur digestion), de **cholestérol** et de **pigments biliaires** (le principal est la **bilirubine**, qui provient de la **dégradation** de l'**hémoglobine**).
  - ✓ La bilirubine est le **pigment biliaire principal**, produit de **dégradation** des **GR** à **80%**, il confère la **couleur jaune** à la **bile**, sous sa forme libre, il est **liposoluble** et **toxique**. Il se **lie** à l'**albumine** pour être **transporté** dans le **sang**. Dans le **foie**, il est séparé de sa **protéine de transport** et va être combiné à l'**acide glucuronique** pour devenir la **bilirubine conjuguée**. A ce stade, la **bilirubine** devient **hydrosoluble** et peut être **éliminée** dans la **bile**. Lorsqu'elle est dans l'**intestin**, elle va se **transformer** en **urobilinogène** sous l'action de **bactéries** et éliminée dans les selles

✓ La **sécrétion hépatique** de **bile** est un phénomène continu ; cette bile est ensuite **emmagasinée** et concentrée dans la **vésicule biliaire**, un réservoir en forme de poire d'environ **10cm** de **longueur** et qui se remplit de bile entre les repas. Les contractions de celle-ci sont sous le contrôle du **système nerveux autonome** et d'une **hormone duodénale**, la **cholécystokinine**. Le relâchement des sphincters libère le flux biliaire dans le duodénum à l'arrivée du chyme. La bile arrive dans le duodénum par le **canal cholédoque**, au niveau de **l'ampoule de Vater** qui est cernée par le **sphincter d'Oddi**.

• **Fonction métabolique** : Elle concerne le **métabolisme** des :

- **Glucides** : Cette fonction **glycogénique** du **foie** assure le maintien d'une **glycémie physiologique** normale entre **0,80** et **1,30g/l**. Selon les besoins de l'organisme, le **glucose sanguin** est stocké dans l'hépatocyte sous forme de **glycogène**, et en cas de besoin, le glycogène intracellulaire peut-être **catabolisé** en glucose qui sera libéré dans le sang. Ces mécanismes biologiques sont régulés par **2 hormones**, l'**insuline (hypoglycémiante)** et le **glucagon (hyperglycémiante)**.

- **Lipides** : A partir des lipides apportés par la **veine porte**, le **foie** fabrique des **lipides de structure** pour son fonctionnement mais aussi des **lipides utiles** à l'**organisme (lipides de réserve)** ainsi que du **cholestérol**, qui circule librement dans le **sang** et sous forme **conjuguée** dans la **bile**.

- **Protides** : Une partie des **acides aminés** va être **soit dégradée soit transformée**, ils sont puisés dans les capillaires et permettent à l'**hépatocyte** d'assurer la **synthèse de protéines** (Ex. l'**albumine**), les **facteurs de coagulation** (Ex. le **fibrinogène** et la **prothrombine**). C'est la **dégradation** des **aa** qui entraîne la formation d'**urée**, qui est ensuite **transportée** par voie sanguine jusqu'au **rein**.

- **Fonction de détoxification** : L'**hépatocyte** permet la **détoxification** de nombreuses substances et **dégrade** de nombreuses molécules chimiques pour **épurer** le **plasma** et rendre ces molécules **non toxiques** par des **réactions d'hydrolyse** et/ou des **liaisons de radicaux**.

## 8/ Les voies biliaires

✓ Ce sont des **conduits** qui permettent à la **bile**, produite par le **foie**, de rejoindre l'intestin au niveau du **duodénum**. Selon leur situation, les **voies biliaires** sont dites **intra** ou **extra-hépatiques**.

- Les **voies biliaires intra-hépatiques** : Les **canalicules biliaires** vont former des **conduits biliaires**, ils vont augmenter progressivement de taille pour former **2 canaux hépatiques** le **droit** et le **gauche**. Ces deux conduits sortent au niveau du **hile** du **foie** et forment un **canal hépatique commun** qui devient alors **extra-hépatique**.

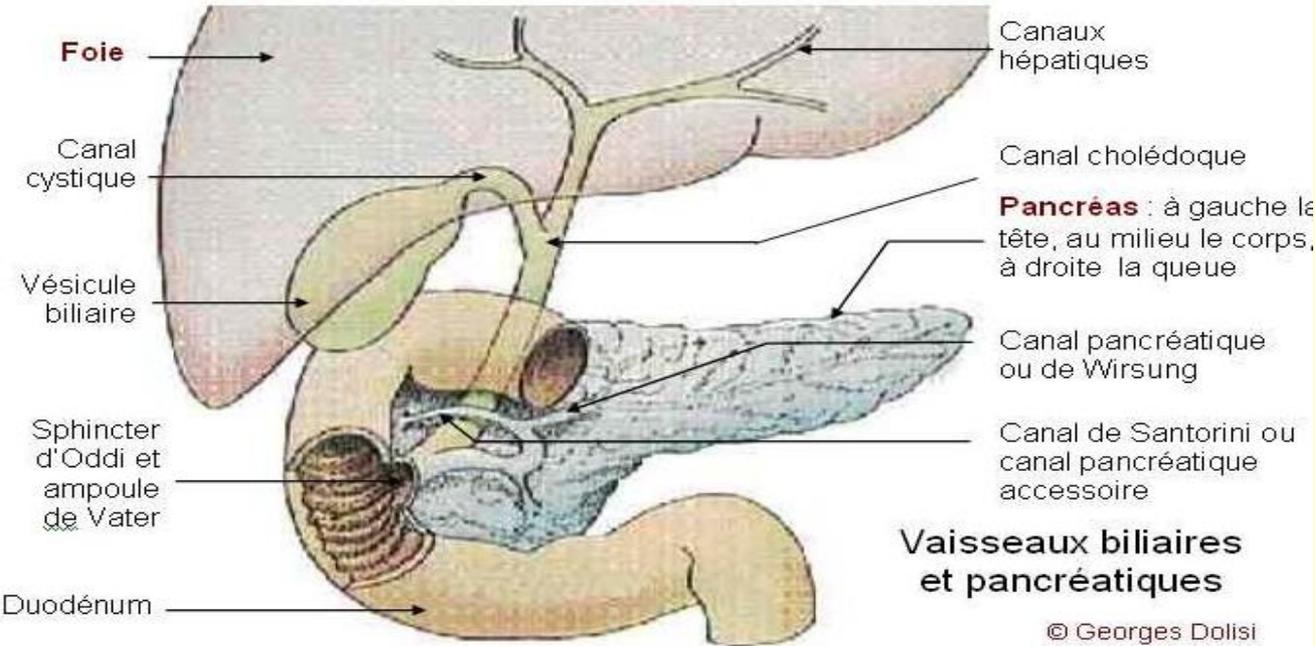
- Les **voies biliaires extra-hépatiques** : Elles sont composées de :
  - la **voie biliaire principale**,
  - le **canal hépatique** qui est commun, rejoint le **canal cystique** et devient le **canal cholédoque**,
  - la **voie biliaire accessoire**, **vésicule biliaire** et **canal cystique**. L'**arrivée** de **lipides**, entre autres, déclenche la **vidange** de la **vésicule** dans le **duodénum**, sous **contrôle nerveux** et **hormonal**.

[Fig.10](#)

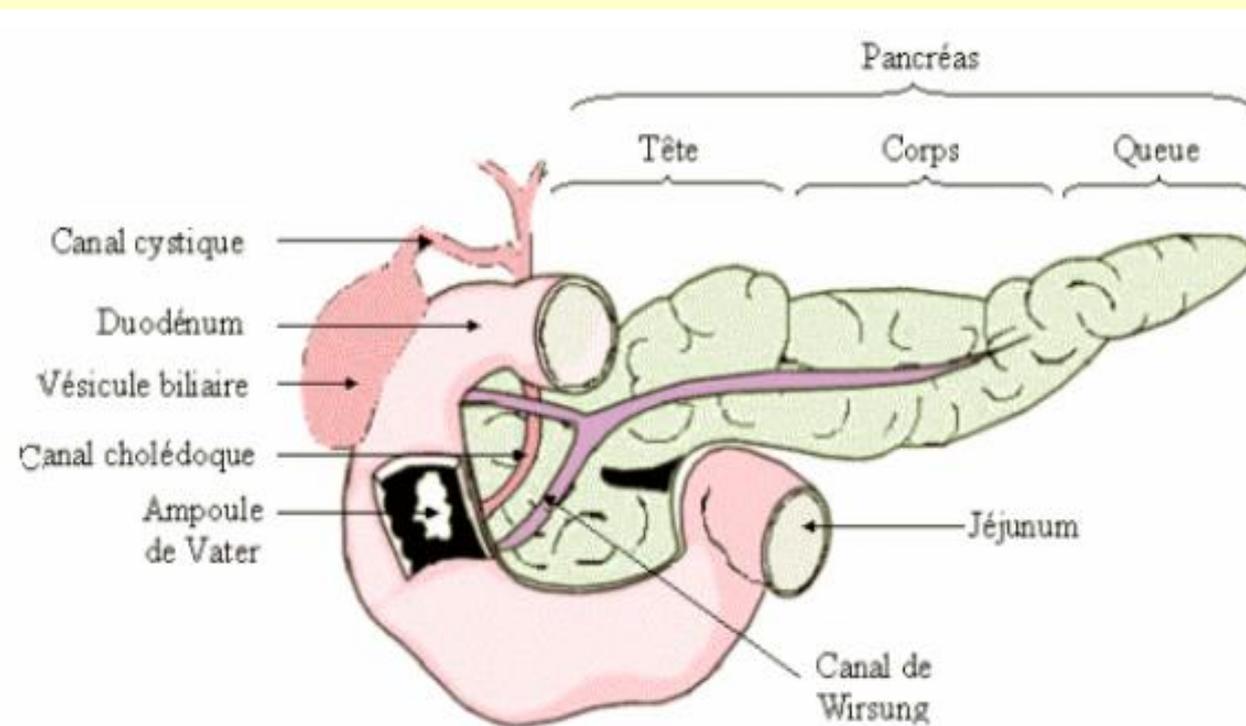
- Le **canal pancréatique principal** (**canal de Wirsung**) rejoint le **cholédoque** au niveau de l'**ampoule de Vater** ;

- Le **canal pancréatique accessoire** (**canal de Santorini**) qui s'ouvre au dessus du **canal de Wirsung**.

[Fig.11](#)



**Fig. 10** : Les **voies biliaires** qui permettent à la **bile**, produite par le **foie**, de rejoindre l'intestin au niveau du **duodénum**. Selon leur situation, les **voies biliaires** sont dites **intra** ou **extra-hépatiques**.



**Fig. 11** : Le **pancréas humain** est formé de 3 parties, **tête**, **corps** et **queue**. Dispose de **2 canaux**, **canal pancréatique principal** ou **canal de wirsung**, le **canal pancréatique accessoire** ou **canal de Santorini** qui s'ouvre au dessus du **canal de Wirsung**.

# 9/ Le pancréas

## a/ Description

✓ C'est une **glande** qui est située dans l'**abdomen**, dans le **cadre duodénal**. Elle est formée de **3 parties**, une **tête**, un **corps** et une **queue**. Le **pancréas** dispose de **2 canaux** pour évacuer les productions d'**enzymes** et d'**hormones** :

## b/ Structure

✓ Le **pancréas** est une **glande mixte**, **endocrine** par ses sécrétions **directement** dans le **sang**, et **exocrine** par ses sécrétions dans le **tube digestif**. Il est constitué de **lobules**, disposés en grappe autour des **canaux excréteurs**. Le lobule est l'**unité élémentaire** du pancréas, chacun contient du **tissu exocrine** (**acini pour le suc pancréatique**) et du **tissu endocrine** (**îlots de Langerhans**, qui sécrètent l'**insuline** et le **glucagon**).

## c/ Fonctions

✓ Le **pancréas** déverse dans le **duodénum** environ **1,5 à 3L/j** de liquide appelé **suc pancréatique**. Ce suc est composé d'**eau**, d'**électrolytes** et d'**enzymes** telles l'**amylase**, **lipase** et **protéases pancréatiques** (**trypsine**, **chymotrypsine**) qui sont utiles à la **digestion** des **glucides**, des **lipides** et **protides**. Cette sécrétion de suc est déclenchée par l'arrivée du **chyme gastrique acide** dans le duodénum, sous le contrôle d'un mécanisme **nerveux** (**SNA**) et **hormonal** (**cholecystokinine** et **sécrétine**).

### III/ Physiologie de la digestion

- ✓ Les **besoins alimentaires** de l'être humain sont couverts par des apports en **repas** sur **24h**. La sensation de la **faim** reflète un **déficit** en **énergie** se traduisant, entre autre, par une **baisse** de la **glycémie**. L'apport alimentaire répond donc à un **cycle faim-ingestion-satiété**, qui est en étroite relation avec la **chronobiologie**.
- ✓ La **digestion** est la fonction qui permet de **dégrader** les 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**. Cette digestion n'est possible que par l'action des **sucs digestifs**.

#### III-1/ Les sucs digestifs

##### 1/ le suc salivaire

- ✓ Le **volume** de **salive** produite en **sécrétion digestive** est compris entre **1000** et **1500 ml/j**. Cette sécrétion est très limitée en période **interdigestive** et pendant la **nuit**, elle s'accroît **4 à 8 fois** pendant l'**alimentation**. La salive est constituée à **95%** d'**eau**. Les **concentrations** d'**électrolytes** varient en fonction du **débit salivaire** et de l'**état d'hydratation** de l'organisme.
- ✓ Les **composants organiques** de la **salive** sont essentiellement des **immunoglobulines (IgA)** et des **enzymes salivaires** dont les plus importantes :
  - l'**amylase salivaire** qui attaque l'amidon, cette action est inhibée par **acidité gastrique**.
  - le **lysozyme**, petite protéine enzymatique à rôle **antiseptique**.

✓ Les **composants chimiques hydrominéraux** sont dans une grande proportion l'**eau** dans laquelle les **électrolytes** sont dissouts de façon **isoosmolaire** par rapport au **plasma** (**Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup>**).

✓ La **stimulation** de la **salivation** est à la fois **mécanique** (au contact des aliments avec les glandes salivaires) et **céphalique** (salivation en regardant et/ou en imaginant un bon repas). Le **suc salivaire** joue plusieurs **rôles physiologiques** dans la digestion :

- L'eau et les électrolytes **lubrifient** et maintiennent la **température** de la bouche.
- Assure l'**humidification** des aliments par la sécrétion hydrominérale, ce qui facilite la **mastication** et le passage du bol alimentaire dans l'œsophage.
- Les **IgA** jouent un rôle **immunitaire**, car la sphère buccale est ouverte à l'air ambiant et donc aux **bactéries** et d'**autres microorganismes**.
- L'**amylase salivaire** débute la **digestion** des **glucides** en dégradant l'**amidon** et le **glycogène** en **maltose** et **isomaltose**.

✓ Au niveau buccal, on trouve des **récepteurs** dits **chémorecepteurs** de la **langue** qui sont sensibles au contenu alimentaire et qui **stimulent** ou **inhibent** la sécrétion salivaire. Et des **récepteurs** dits **mécanorécepteurs** des maxillaires qui détectent les mouvements de **mastication**. La **commande nerveuse** régulant la sécrétion du suc salivaire est assurée par :

- Les **afférences** : qui sont les **fibres sensibles** des **nerfs crâniens V, IX et X**
- Le **centre nerveux** : **bulbe** et **protubérance** au niveau du **tronc cérébral**.
- Les **efférences** : les fibres motrices du **IX et VII**.

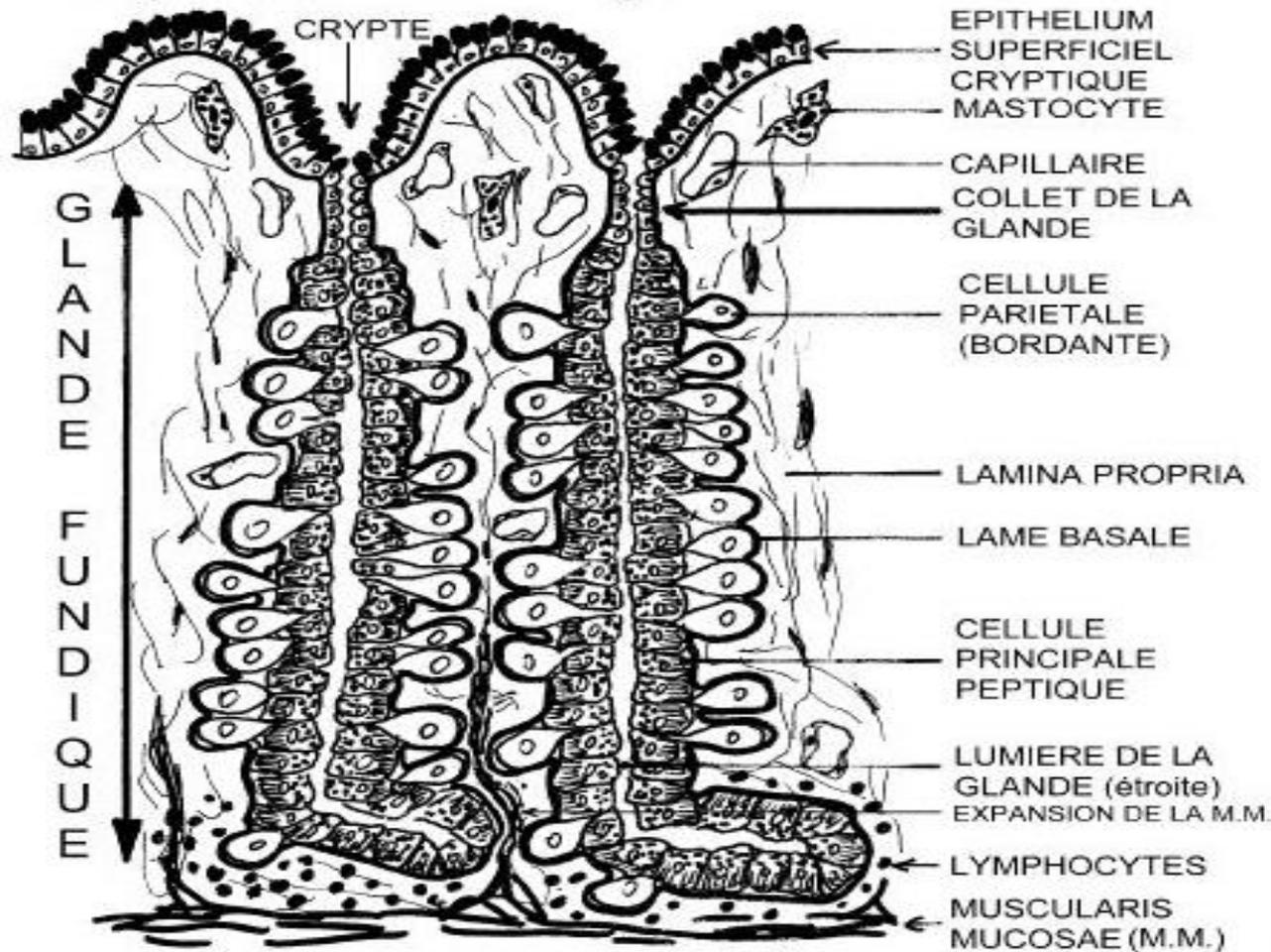
✓ Le **SNA** par l'intermédiaire de ces deux composantes, **sympathique** et **paraΣ** augmente la sécrétion salivaire, qui diffère selon sa **composition**. Elle est **riche** en **mucine** et **pauvre** en **eau** et **électrolytes** si les **récepteurs  $\alpha_1$**  sont **stimulés**. Elle est **riche** en **eau** et en **électrolytes** si les **récepteurs cholinergiques (muscariniques)** sont **stimulés**.

## 2/ Le suc gastrique

✓ L'**estomac** sécrète jusqu'à **3 litres** de **suc gastrique** /j. Les principaux constituants du suc gastrique sont des **pepsinogènes**, du **mucus (mucine)**, de l'**acide chlorhydrique (HCl)**, le **facteur intrinsèque** et de la **gastroferrine**. La sécrétion du suc gastrique s'effectue dans les **glandes tubulaires** ou dans les **puits** de la **muqueuse gastrique** et les constituants sont élaborés par différents types de  $\phi$  : [Fig.12](#)

- Les  $\phi$  **principales fundiques**, sont le lieu de formation des **pepsinogènes**,
  - Les  $\phi$  **mucipares**,  $\phi$  muqueuses spéciales qui élaborent le **mucus**, dont la fonction essentielle est de protéger la surface de l'estomac contre le **suc gastrique (HCl)**,
  - Les  $\phi$  **bordantes** du **fundus** et du **corps gastrique**, constituent le lieu de formation de l'**HCl**,
  - Les  $\phi$  "**G**", principal type  $\phi^{\text{aire}}$  **endocrine** de l'estomac, produisent la **gastrine**, l'**horm.** responsable de la **stimulation** de la **sécrétion gastrique**.
- ✓ Lorsque l'on fait une **exploration biologique** de l'**estomac**, les **2 produits** les plus souvent **dosés** sont le **suc gastrique** et la **gastrine** précisément. Le dosage de la gastrine se fait généralement par **radio-immunologie** sur un prélèvement de **5mL** de **sang** chez le **sujet à jeun**. La valeur considérée comme normale est de moins de **100 ng/l** de sérum.

# MUQUEUSE FUNDIQUE



**Fig. 12 :** La sécrétion du **suc gastrique** s'effectue dans les **glandes tubulaires** ou dans les **puits** de la **muqueuse gastrique** et les constituants sont élaborés par différents types de cellules.

✓ Les **pepsines** sont formées par scission d'une fraction de molécule de leurs précurseurs les **pepsinogènes**, à **pH 6**. Une sécrétion maximale d'**HCl** donne un suc gastrique de **pH =1**, qui est tamponné par le **chyme** pour atteindre un **pH=1,8 à 4**, ce qui constitue des valeurs voisines de celles du **pH optimal** d'action de la plupart des **pepsines**. Un **pH bas** contribue en plus à **dénaturer** les protéines à digérer et agit comme **bactéricide**.

✓ La sécrétion d'**HCl** a lieu sous l'action de l'**anhydrase carbonique (AC)**, et d'une **H<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase**. Les **ions H<sup>+</sup>** qui sont échangés contre des **ions K<sup>+</sup>** pour multiplier leur concentration dans la lumière gastrique par facteur **100** par **transport actif**. Le **K<sup>+</sup>** retourne dans la lumière par un **mécanisme passif (recirculation du K<sup>+</sup>)**. Le **Cl<sup>-</sup>** passe également passivement dans la lumière selon le principe de **neutralité électrique**. Pour chaque **ion H<sup>+</sup>** sécrété, un **ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** (provenant de **CO<sub>2</sub> + OH<sup>-</sup>**) quitte la **¢** du côté sang (**échange passif**), contre du **Cl<sup>-</sup>**. En outre, comme dans toute **¢**, on trouve aussi une **pomp Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase active**.

✓ L'**ingestion** d'aliments provoque une activation des **¢ bordantes**. Des **canalicules**, dont les parois possèdent une **bordure en brosse** dense et qui s'enfoncent profondément à l'intérieur de la **¢**, s'ouvrent dans la lumière gastrique. Cet accroissement de la surface de la membrane **¢<sup>aire</sup>** du **côté luminal** permet une augmentation maximale de la sécrétion gastrique d'**ions H<sup>+</sup>** qui passe de **2mmol/h** environ au repos à plus de **20mmol/h**.

✓ Le **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** est **activement** sécrété par la muqueuse pour assurer une **autoprotection** contre les **H<sup>+</sup>** du suc gastrique, il tamponne l'**HCl** sans influencer le **pH gastrique**. Les **inhibiteurs** de la sécrétion d'**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** (**médicaments anti-inflammatoires**), favorisent l'apparition des **ulcères gastriques**, alors que les **activateurs** de la sécrétion d'**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** (**prostaglandines E<sub>2</sub>**) s'y opposent.

### 3/ Suc pancréatique

✓ Le **pancréas** est formé de groupes de **ç épithéliales glandulaires**, dont **≈1%** sont regroupés en **amas** appelés "**îlots Langerhans**" (partie **endocrine**). Elles synthétisent et sécrètent des **hormones** telles que l'**insuline**, le **glucagon**, la **somatostatine** et le **polypeptide pancréatique**.

✓ Le reste des **ç** est aussi regroupé en **amas** appelés **acini** (partie **exocrine**). Ces **ç** sécrètent le **suc pancréatique** est composé :

- D'une **sécrétion hydroélectrolytique** faite de **99%** d'**eau** et d'**ions**. Les **anions** sont majoritairement composés de **Cl<sup>-</sup>** dans les **périodes de repos** et de **Na<sup>+</sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** dans les **périodes digestives**, ce qui donne un **pH basique** à la solution. La sécrétion est activée par la **sécrétine**.

- D'une **sécrétion d'enzymes digestives** sous forme de **proenzymes (zymogènes)** **inactives** dans le lieu de synthèse mais **activées** dans l'intestin par l'**entérokinase** ou la **trypsine**. Cette sécrétion est sous la dépendance de la **sécrétine** et de **cholecystokinine-pancréozymine**, **hormones** sécrétées par la **muqueuse duodénale** et qui activent la sécrétion des enzymes dans le **suc pancréatique**. Parmi ces **enzymes**, on trouve :

- l'**amylase pancréatique** pour l'hydrolyse des **glucides**;

- la **trypsine**, synthétisée sous forme de **trypsinogène**, **proenzyme inactive** qui est stockée dans les vésicules enzymatiques des **ç acineuses**, où elle est excrétée au moment de la **digestion**. L'activation du **trypsinogène** en **trypsine** est le résultat de l'**hydrolyse** par l'**entérokinase** ou par un effet d'**autoactivation** de la **trypsine** elle-même. Elle hydrolyse les liaisons peptidiques dans lesquelles un **a.a basique** (**Lys, Arg**) engage sa fonction acide. Elle est **stable** à **pH acide**, **inactivée** et **digérée** en quelques heures à **pH neutre** dans l'**intestin**;

- la **chymotrypsine**, une **peptidase digestive** de la famille des **protéases à sérine**, qui catalyse des **protéolyses**. Synthétisée sous forme d'une **proenzyme** appelée **chymotrypsinogène**, qui doit être **activée** dans l'intestin pour donner la **chymotrypsine**. Elle **hydrolyse** préférentiellement les **protéines** au niveau des **liaisons peptidiques** en aval d'un **résidu tyrosine, tryptophane, phénylalanine** ou de **leucine**;

- la **carboxypeptidase**, protéase qui existe sous forme de plusieurs **isomères** qui hydrolysent les **protéines** et les **polypeptides** en enlevant un **a.a** à la fois, en commençant par l'extrémité du polypeptide avec un **carboxyle libre**;

- la **lipase pancréatique**, est une enzyme qui **hydrolyse** les **triglycérides** émulsionnés dans le duodénum en présence de **sels biliaires**, et libère dans le chyme des **acides gras libres**, transportés par les micelles de sels biliaires, et absorbés par la bordure en brosse des **entérocytes**. Elle produit également des **diglycérides** puis des **monoglycérides** qui sont absorbés par les entérocytes;

- la **ribonucléase** et la **désoxyribonucléase** qui hydrolysent des **acides nucléiques**.

- ✓ Dans les cas **pathologiques** où les **enzymes digestives** du **pancréas** sont **activées** à l'endroit où elles sont synthétisées (**pancréas**), ces enzymes **digèrent** le **pancréas** lui-même pour aboutir à la **pancréatite aiguë** et la **pancréatite chronique**.
- ✓ Le **suc pancréatique** est très riche en **Ca<sup>2+</sup>**, qui est maintenu en solution grâce à une **protéine spécifique**, la **stathérine**. Le dysfonctionnement de cette protéine provoque la **stase** ou l'**infection** dans le **canal de Wirsung** ce qui est à l'origine de **calcifications pancréatiques**.

#### 4/ Suc biliaire

- ✓ Le **suc biliaire** (ou **bile**) est de couleur jaune verdâtre et de saveur amère, elle contient **97,5%** d'eau, **0,04%** de **phospholipides** (et **phosphoglycérol** ou **lécithines**), des **électrolytes** (**Na<sup>+</sup>**, **K<sup>+</sup>**, **Ca<sup>2+</sup>**, **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, **Cl<sup>-</sup>**), **0,60g/l** de **cholestérol libre** non estérifié; **0,05g/l** de **bilirubine** qui résulte de la **décomposition** de l'**Hb**, ainsi que **3 à 4g/l** des **sels biliaires**, synthétisés à partir du **cholestérol (stéroïdien)**, et qui **émulsifient** les **graisses** en les réduisant en particules microscopiques pour permettre leur digestion dans l'intestin. Une grande partie des **acides biliaires** est **recyclée (6 à 8 fois)** au niveau de l'intestin pour retourner au foie et être réutilisée pour de nouvelles synthèses des sels biliaires.
- ✓ Le **suc biliaire** est sécrété de façon **continue**. Il est stocké dans la **vésicule biliaire** et libéré via le **canal cholédoque** dans le **duodénum** au passage des **lipides**. Il est très riche en **corps dissous instables** qui peuvent, sous l'influence de différents facteurs, former des cristaux et des **calculs (lithiase biliaire)** dans la **vésicule** et les **voies biliaires**.

✓ Le **suc biliaire** est également riche en **bilirubine** qui est dans un premier temps **insoluble** dans l'eau dans le lieu de sa synthèse (**foie**) et donc les **reins** ne peuvent pas l'éliminer dans les **urines** sous cette forme. Elle est prise en charge par l'**albumine** et **transportée** pour être **glycuro-conjuguée** dans le foie par une enzyme, la **glycuronyl-transférase**, pour devenir **soluble** et être éliminée avec l'**urine**. Ces **2 types** de **bilirubine** déterminent **2** grands **types** d'**ictères** avec pour chacun des causes bien spécifiques :

- Les **ictères à bilirubine libre (non conjugué)**, les causes sont celles qui augmentent les **produits** de **dégradation** des **GR**. Ces types de **maladies hémolytiques** qui détruisent un nombre trop important de **GR** pourraient résulter d'un **déficit** d'**enzymes** dans les **hépatocytes** (ex. **glycuronyl-transférase**) ou tout autre facteur susceptible d'augmenter la bilirubine libre dans le sang. Cette bilirubine est très **lipophile** et elle peut passer dans le **système nerveux central** où elle est **toxique** pour les **noyaux gris** du **cerveau**. Dans ces formes d'ictères, les **urines restent claires** ce qui constitue un facteur de diagnostic.

- Dans les **ictères à bilirubine conjugué**, les causes sont à rechercher dans les **pathologies du foie** ou des **voies biliaires** : **hépatites à virus**, **à bactéries**, **tumeurs** du **foie** ou des **voies biliaires**, **cirrhoses**, **fièvre jaune**, etc. L'une des caractéristiques de ces ictères à bilirubine conjugué est qu'ils génèrent souvent des **urines très colorées**, voire **foncées**.

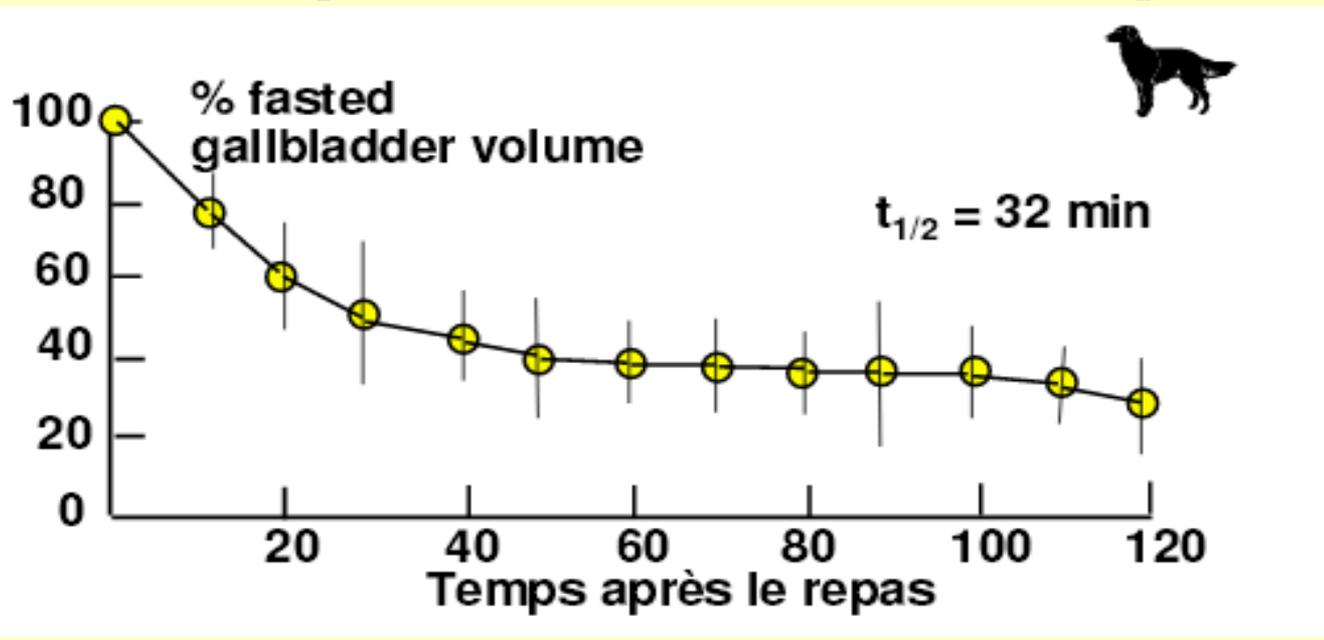
✓ Les **sucs biliaires** sont évacués vers l'intestin par le **canal cholédoque**, notamment en **phase postprandiale** chez l'**homme**. En dehors des phases postprandiales, ces sucs biliaires s'accumulent dans la **vésicule biliaire** où elles vont être provisoirement stockés et y subir des transformations pour donner les **sucs biliaires vésiculaire** dont la composition est différente des **sucs biliaires hépatiques**. [Fig.13](#)

	Bile hépatique (%)	Bile vésiculaire (%)
Eau	97.5	92
Sels biliaires	1.1	6
Bilirubine	0.04	0.3
Cholestérol	0.1	0.3-0.9
Lécithine	0.04	0.3

[Fig.13](#) : Différence de composition entre les **sucs biliaires hépatiques** directement excrétés dans l'intestin et **sucs biliaires** préalablement **stockés** dans la **vésicule biliaire** dans les **phases interprandiales** avant leur excrétion dans l'intestin en phase **postprandiale**.

✓ Chez certains mammifères (**cheval**, le **rat**..), il n'y a **pas** de **vésicule biliaire**, mais les grands canaux biliaires jouent un rôle analogue à celle-ci. Chez l'**homme**, cette dernière **stocke** les **sucs biliaires** en **phase interprandiale** (- de **50%** des sucs produits par **24h**). Cela évite d'exposer inutilement la **muqueuse digestive** pendant la période de **jeûne** aux **sels biliaires** qui sont **toxiques** pour les **entérocytes**. Les **sucs vésiculaires** deviennent **filante** et se **concentre 4 à 5 fois** / aux **sucs hépatiques** ce qui peut dépasser les limites de solubilité pour les **acides biliaires**, le **cholestérol** et la **bilirubine** avec des risques de formation de **calculs**.

✓ La **vidange** de la **vésicule biliaire** se fait soit de **façon totale** au cours d'un repas (**chasse biliaire**) ou **périodiquement** et de façon **partielle** ( $\approx 20\%$  du contenu) en **phase interprandiale** (chez **sujet à jeûn** par ex.). Au cours du repas, elle se vide presque complètement (**80%**) et **exponentiellement** en **15-45mn** grâce aux **contractions** des **fibres lisses** de la paroi vésiculaire et à l'**ouverture** du **sphincter d'Oddi**. [Fig.14](#)



[Fig.14](#) : Phases de **vidange** de la **vésicule biliaire** chez le **chien** (J. Pharmacol. Toxicol. Methods 1992, 27, 2, 107-111)

✓ Les **contractions** de la **vésicule** et le **relâchement** du **sphincter d'Oddi** sont déclenchés au cours de la **phase céphalique** du repas par une **stimulation vagale** (possibilité d'une vidange biliaire anticipée par le conditionnement), une **libération** de **CCK** (hormone qui stimule la production d'un **suc pancréatique riche** en **enzymes digestives**) et une **libération** de **motiline** (hormone produite par la muqueuse duodénale). Un **repas gras** riche en **lipides** dans le duodénum favorise la **vidange biliaire** via une sécrétion accrue de **CCK**.

## IV/ Nutrition

✓ La **nutrition** est l'ensemble des processus par lesquels un être vivant transforme et absorbe des aliments pour assurer son fonctionnement. Elle peut avoir plusieurs aspects, un **aspect physiologique (Physiologie de la nutrition)** qui traite de la façon dont l'organisme opère la transformation des aliments, c'est-à-dire des **processus métaboliques**. Ceci comporte l'étude du rôle des **nutriments (macro et micronutriments)** au niveau des mécanismes **biochimiques** <sup>cellulaires</sup>, et les conséquences sur les tissus d'un **déséquilibre** entre **l'énergie absorbée** et **l'énergie dépensée** par l'organisme.

✓ Elle peut également avoir un aspect **psychologique (Psychologie de la nutrition)**, qui analyse le **comportement alimentaire** de l'individu ou du groupe. Elle met l'accent sur des questions telles que "**pourquoi mangeons-nous ?**" Ou "**comment choisissons-nous nos aliments ?**". Chez l'homme, ces questions sont en rapport avec des facteurs environnementaux (**culturels, sociologiques, religieux** et même **politiques**). C'est l'**aspect physiologique** qui nous intéresse.

### IV-1/ Besoins Alimentaires

#### 1/ Besoins en protéines

✓ Le **besoin physiologique** en protéines pour un individu correspond à l'**apport alimentaire en protéines le plus faible** qui permet d'**équibrer** les **pertes azotées** de l'organisme d'un **adulte en équilibre énergétique** à un niveau d'**activité physique modéré**. Le besoin protéique est très complexe à déterminer et les différentes méthodes pour l'estimer ont des limites. Il varie en fonction de plusieurs facteurs :

- **La croissance**, celle-ci exige que le **bilan azoté soit positif**. La vitesse de renouvellement des **protéines corporelles** chez un **enfant** est **plus élevée que chez l'adulte** donc l'**apport par kg de poids** doit donc être plus **élevé** chez l'enfant. Un **bilan azoté négatif est très grave !**
- **L'âge**, Chez le **nouveau né**, le **tube digestif** est **immature** ainsi que le **métabolisme** des **a.a.** et **protéines**. Les apports en protéines et aa indispensables sont spécifiques car il ne sait pas encore les synthétiser, **cystine, taurine, tyrosine, glycine, arginine**, etc.
- **Le sexe**, La **masse maigre** chez l'**homme** est plus **importante** que chez la **femme** mais la composition de cette masse maigre est la même pour les **2 sexes**. Donc, le **besoin** chez l'**homme** est **plus grand**, mais pas de différence à quantité de masse maigre égale.
- **La grossesse**, il faut à la **femme enceinte** un **bilan azoté positif** (comme pour l'**enfant**) surtout au **3<sup>e</sup> trimestre de grossesse (209g/j)** pour **construire le fœtus**. Il faut **925g de protéines pendant la grossesse**, **59%** seront fixés par les **tissus fœtaux** (dernier trimestre surtout) et **41%** seront fixés par les **tissus maternels** (surtout les **4 premiers mois**). Le fœtus est toujours prioritaire sur la mère, si l'apport est insuffisant, les protéines de la mère sont catabolisées pour le fœtus.
- **Lactation**, Il faut un **bilan azoté positif** la aussi pour assurer une quantité suffisante de **lait** et une bonne qualité car la composition du lait dépend de l'alimentation de la mère. Il y a en plus une exportation de protéines par le lait ce qui implique un besoin accru.

● **Activité physique**, souvent on commet une erreur méthodologique en pensant que le besoin en protéines doit être augmenté pendant l'**activité physique**. Un **exercice modéré (2 x 90 mn/j)** affecte très peu le **bilan azoté**, donc pas d'apports supplémentaires nécessaires. Pendant et après l'effort, il y a **augmentation** du **métabolisme (anabolisme et catabolisme)** des **protéines musculaires** et cela maintient un **bilan azoté équilibré**, mais tout dépend de la durée et de l'intensité de l'effort.

⇒ Donc, **pas de besoin spécifique de protéines** pour un **adulte** qui fait du sport quand son **alimentation** est **équilibrée**. A part si ce sont des athlètes professionnels où une supplémentation est requise. L'entraînement permet de mieux utiliser les protéines alimentaires, et on a un meilleur rendement.

● **Etats pathologiques divers**, cas des **maladies génétiques** directement liées au **métabolisme** des **protéines** ou des **pathologies** qui entraînent un état de **catabolisme exagéré** et augmentent les **besoins en protéines**.

● **Apport énergétique**, le **bilan azoté** dépend de cet **apport exogène en énergie**. Si celui-ci est insuffisant, le **bilan azoté est négatif**. Le métabolisme des protéines est très **énergivore** (**≈15%** de l'**énergie basale**). Des personnes avec un **bilan azoté négatif** et un apport alimentaire très bas, doivent **supplémenter** par des **lipides** et/ou des **glucides** la **ration alimentaire** pour réatteindre un **bilan positif**.

● **Interaction avec d'autres nutriments**, dans le cas des situations suivantes :

- Les **besoins** en **vitamines B<sub>6</sub>** sont augmentés si l'**alimentation** est **riche** en **protéines** car la **B<sub>6</sub>** est un **cofacteur** de la **transaminase** des **aa**.

- Le **folate** (**B<sub>9</sub>**) et la vitamine **B<sub>12</sub>** interviennent dans le **métabolisme** de la **méthionine**, en cas de carence il se produit une perturbation du métabolisme.
- Une **carence en minéraux** provoque des problèmes au niveau du **métabolisme** des **protéines**, car ils sont des **cofacteurs** dans de nombreux systèmes enzymatiques intervenant dans le métabolisme des protéines (**Mg<sup>2+</sup>**, **Ca<sup>2+</sup>**, etc.)
- Les **antioxydants** (**oligoéléments** et **polyphénols**) protègent les protéines et **améliorent** ainsi le **métabolisme**.

## 2/ Besoins en lipides et acides gras

✓ Ils sont aussi appelés **corps gras** ou **graisses**. Ce sont des substances **hétérogènes**, mais toutes **insolubles** dans l'**eau** et **solubles** dans les **solvants organiques**. Ils se présentent essentiellement sous **2 formes** dans le corps, **triglycérides** et **phospholipides**. Ils sont composés par des **acides gras**, mais peuvent contenir aussi du **cholestérol** et d'autres molécules. Les acides gras sont indispensables pour l'organisme vivant, ils ont des rôles très importants :

- **Rôle constitutionnel et fonctionnel**, les **phospholipides** sont les **constituants** universels des **membranes cellulaires**, ils assurent leur **fluidité** et leur **déformabilité** ce qui permet l'**activité** des **protéines membranaires** comme les **récepteurs**, **transporteurs** et **enzymes**. En cas de **carence**, on observe une **dégénérescence** des **testicules** chez le **rat mâle** et un **défait de contraction** de l'**utérus chez la femelle**, pour ne citer que cet exemple.

● **Rôle énergétique**, les **lipides** sont les nutriments les plus **denses** au niveau **énergétique** (**9kcal/g** vs **4kcal/g** pour les **protéines** et les **glucides**). On utilise nos **réserves** en **graisse** quand les réserves en énergie provenant du **glucose** sont **épuisées**. Chaque personne ayant une **réserve graisseuse** d'environ **10kg** pour **70kg** de **masse corporelle**. on possède donc **≈ 90000 kcal** de **réserve** pour un **individu physiologiquement normal**.

● **Rôle gustatif**, ils sont porteurs d'**arômes**, la teneur élevée en graisse correspond au goût des consommateurs.

● **Rôle précurseur**, ils sont les **précurseurs** de substances très spécifiques comme les **prostaglandines**, les **prostacyclines**, les **thromboxanes** et les **leucotriènes** qui interviennent dans les **communications cellulaires** et la **défense immunitaire**.

● **Rôle de vecteurs** pour les **vitamines liposolubles**.

✓ Certains **AG** ne peuvent pas être produits par l'organisme, celui-ci est incapable d'incorporer une **double liaison** à ces molécules et doivent donc se trouver dans la **ration alimentaire**. C'est le cas de tous les **AG insaturés** (**lipides polyinsaturés**) dont font partis les **antioxydants** (**Ac. linoléique**, **ac. folique**, les **omégas**, etc.).

✓ Les **AG saturés** par contre, (**lipides saturés**) sont **synthétisés** par l'**homme**, ils ont un rôle important au niveau **cardiovasculaire** et **hypocholestérolémiant** (l'**acide laurique** et **myristique** qui sont les plus **hypercholestérolémiants**, l'**acide butyrique** a des effets **antitumoraux** au niveau de la **flore colique**, etc.).

✓ Les **AG à courtes chaînes** sont facilement absorbables et on s'en sert pour **supplémenter** un **régime** destiné aux **malnutris** ou aux **bébés** qui ont du mal à absorber les **graisses**. Les **apports** en **AG saturés** sont fixés à **8%** de l'apport énergétique total.

✓ Chez un **bébé humain** nourri au **lait de vache écrémé** (**0.1%** de l'**apport énergétique** total en **acide linoléique**) présente une **baisse du gain de poids**, une **peau squameuse** et une **perte des cheveux**. Si on ajoute l'**acide linoléique** ou **arachidonique** on **corrige** ces **symptômes**. Il n'y a pas de problèmes chez le bébé nourri au lait supplémenté (jusqu'à **8% d'acide linoléique**).

✓ Chez l'**homme adulte**, une **carence en AG saturés à chaîne courtes** provoque des **troubles** de la **vision**, une **faiblesse générale** (**asthénie**) et une **atteinte neurologique**. Là encore, on peut corriger ces problèmes avec des **supplémentations**.

✓ Le **cholestérol** est une molécule **lipidique**, c'est une substance **vitale** qui rentre dans la constitution des **membranes cellulaires**, dans la **synthèse** des **hormones stéroïdiennes** et **précurseurs** des **acides biliaires**. Mais en cas d'excès il y a des risques **cardiovasculaires**. Si on fait augmenter les **HDL-cholestérol**, on a un **effet protecteur** et si on fait baisser **LDL-cholestérol** on a un **statut cardiovasculaire** qui s'améliore.

✓ La **cholestérolémie** augmente avec l'**âge** diminue avec les âges extrêmes. Il y a une **balance**, qui détermine le taux circulant et qui varie en fonction des apports. Si on apporte beaucoup de **cholestérol**, on en fabrique moins et réciproquement. Mais chez certaines personnes, cette **balance** peut être **défaillante**. Néanmoins, elle n'a que peu d'impact sur le taux de cholestérol car c'est plutôt la **quantité** et surtout la **qualité** des **AG** qui a une grande importance sur le **taux** de **cholestérol**. Les **AG saturés** favorisent la synthèse endogène de cholestérol, et les **AG polyinsaturés** freinent cette synthèse. L'apport en cholestérol est d'environ **200 à 300 mg/j**. (problèmes avec les **statines**).

### 3/Besoins en glucides

✓ Des molécules reconnaissables par leur **saveur sucrée** variable. Ce sont des composants organiques constitués de **C, H** et **O**. Aucun constituant de cette famille **n'a été considéré comme indispensable** ou éléments qui ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme, mais ils jouent un **rôle important** du point de vue **physiologique** (apport énergétique, bien-être, etc.).

✓ On distingue les **sucres simples**, ce sont les **oses** ou **monosaccharides** (**glucose, fructose, galactose**, etc.), ils ne peuvent pas être hydrolysés car ce sont les molécules de base, absorbées au niveau intestinal. La plupart des sucres absorbés sont à **6 atomes de C**.

✓ Il y a les **sucres complexes** comme les **oligosaccharides** qui ont entre **2** et **10C** (**lactose, saccharose**, etc.), qui sont les **disaccharides** et **polysaccharides** (**> à 10C**), servent à la **mise en réserve** des glucides (**glycogène, amidon**, etc.). Toutes ces formes de réserve ont un **faible pouvoir osmotique** ⇒ **réserve d'énergie sous un faible volume**.

✓ On trouve aussi les **hétérosucres** associés à d'autres molécules ou atomes (**O-sucre, S-sucre**, etc.). Bien que les glucides ne soient pas indispensables pour l'organisme vu qu'il les synthétise, il n'en demeure pas moins qu'ils sont importants pour les rôles suivants :

- **Rôle constitutionnel et fonctionnel**, ce sont des constituants des **acides nucléiques** (**ARN** et **ADN**), ils fournissent le **ribose** et le **désoxyribose** et des **mucopolysaccharides** qui composent différents **mucus**. Ils jouent un rôle essentiel dans la **défense cellulaire** et donc dans l'**immunité cellulaire** (**CD4, CD8**, etc.). Ils ont également un rôle déterminant dans le **métabolisme cellulaire** et la **fonction mitochondriale** (**Cycle de Krebs**). C'est un des **déterminants** de la **glycémie** et de la **pression osmotique** de l'organisme, etc.

- **Rôle énergétique**, ils représentent le nutriment énergétique par excellence car ils sont facilement utilisables par les cellules et n'impliquent que peu de réactions intermédiaires par rapport à l'énergie fournie (**4 kcal /1g de glucose**).

- **Rôle dans le fonctionnement des neurones et du cerveau en général**, Le **cerveau** se nourrit presque exclusivement de **glucose**. Ce dernier améliore la **mémoire**, la **communication** et le **métabolisme cérébral**.

- **Rôle dans la régulation pondérale**, les régimes riches en **glucides** facilitent cette **régulation**. La densité énergétique de l'alimentation est un déterminant important de l'apport énergétique de l'homme.

- **Rôle dans l'activité sportive**, le **muscle** utilise le **glucose** contenu dans le **glycogène**. La capacité physique dépend directement des **réserves** en **glycogène**.

- ✓ Un autre **sucré** qui intervient dans le **métabolisme** cellulaire, le **fructose** qui rentre lentement dans les **cellules** (**pas sous l'influence** de l'**insuline**). Mais présente un **risque athérogène** accrue (formation de plaques en présence de lipides dans les vaisseaux sanguins) et de **cancers** (sucres régimes !!)

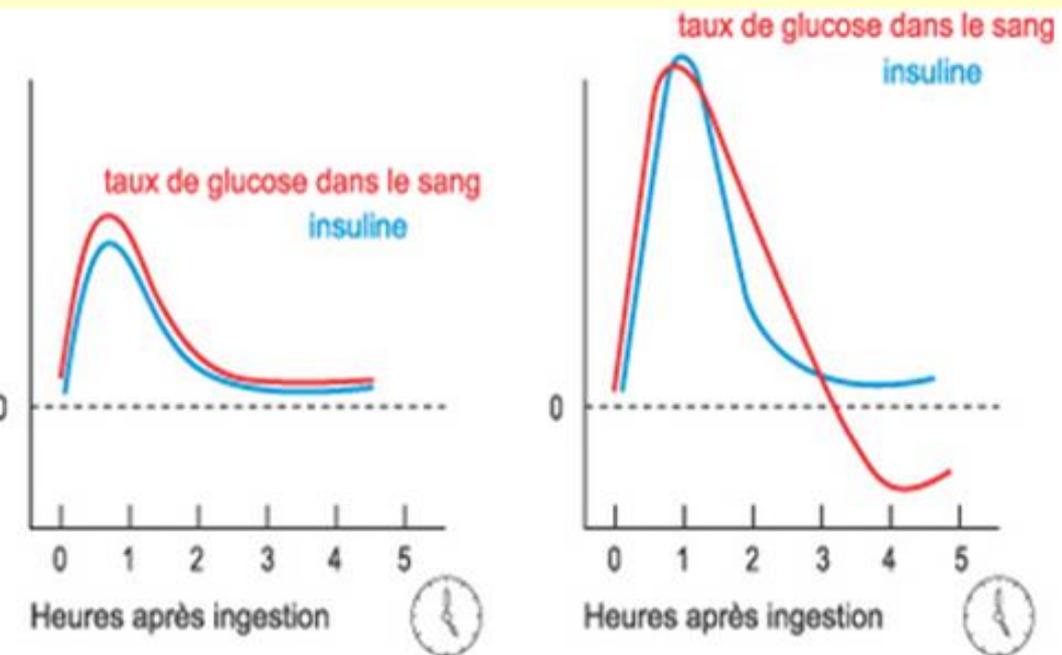
**3-1/ Notion d'index glycémique d'un aliment** (à voir en TD)

- ✓ L'**IG** est une échelle de valeur qui classe les aliments riches en glucides selon leur capacité à élever la glycémie par rapport à un aliment de référence qui est le glucose. Dans les **conditions physiologiques normales**, **30 à 45mn** après un repas, le taux de **glucose sanguin** passe par un pic avant de retrouver progressivement sa valeur initiale.

- ✓ Pour calculer un **IG**, on donne à des volontaires **50g** de **glucose** dilué dans de l'eau. On sait que le glucose pur entraîne la réponse **insulinique** la plus élevée, on lui attribue un **IG** de **100%** (**référence**). Le glucose sanguin est mesuré toutes les **30mn** pendant **2 à 3h**.

✓ Cette opération est renouvelée avec une portion de **l'aliment à tester** contenant **50g de glucides**. L'**IG** de cet aliment est donc déterminé en observant la **réponse en insuline** du corps après absorption à jeûn de l'aliment en question. En divisant l'**aire située** sous la **courbe glycémique** de l'**aliment** testé par l'**aire située** sous la **courbe de référence**, on obtient l'**IG** de l'**aliment considéré**. 
$$IG = S_{\text{alim}} / S_{\text{réf}} \times 100$$
 **Fig.15**

$S_{\text{alim}}$  : **surface** sous la courbe **glycémie/temps** de l'**aliment considéré**;  $S_{\text{réf}}$  : **surface** sous la courbe **glycémie/temps** de la **réf.**.



**Fig.15** : Pour calculer l'**IG** d'un aliment, on rapporte la surface sous la courbe de l'**aliment étudié**, avec celle de l'**aliment référence (glucose)**. Le terme surface sous la courbe désigne la surface du **triangle** formé par l'axe de la valeur normale de la **glycémie (1g.l<sup>-1</sup>)** et par la courbe de l'aliment testé, c'est pourquoi on appelle cette technique la **méthode du triangle**. Plus on consomme d'aliments à **IG élevé**, plus le **taux de glucose sanguin augmente** et plus le pancréas produit de l'**insuline**. Plus la **glycémie est forte**, plus l'**insulinémie est forte** et plus l'**hypoglycémie** qui s'en suit **est forte**, c'est ce qu'on appelle **l'hypoglycémie réactionnelle**. Donc consommer trop d'aliments à IG élevé épuise le pancréas

**Aliment testé :Lentilles, IG = 40** Vs **Aliment de référence : Glucose, IG = 100**

✓ Les **portions** des **aliments** testés doivent contenir le même poids de **glucides** :  
 - **800g** de **pastèque**, - **600g** de **carottes cuites**, - **125g** de **frites**, - **100g** de **pain**, etc.

✓ Ceci permet de comparer plusieurs aliments qui ne possèdent pas la même proportion de **glucides** dans leur composition. En **Europe**, on prend pour référence le **glucose**, alors qu'aux **USA** le **pain blanc** est souvent choisi comme **référence**. Pour passer d'une mesure prenant pour **référence** le **pain blanc** au système ayant pour **référence** le **glucose**, il faut multiplier celle-ci par **0,7**.

✓ A partir de là, on estime que : - Les **IG inférieurs** à **35** sont **bas**; - Les **IG compris** entre **35** et **50** sont **moyens** et - les **IG supérieurs** à **50** sont **élevés**;

### 3-2/Détermination des Index Glycémiques par moyenne

✓ L'**IG** d'un aliment est déterminé par **expérimentations successives**. On fait ingérer cet aliment à plusieurs personnes pour mesurer leurs réponses en **insuline** respectives. On teste plusieurs variétés d'un même aliment, pour une **carotte** par exemple, il y a la **carotte jaune**, la **carotte ronde**, la **carotte de Colmar**, etc. On établit alors une **moyenne** pour toutes les valeurs d'**IG** obtenues avec les différentes variétés du même aliment et les différents testeurs.

✓ On regarde aussi la réponse en insuline en fonction du **mode de cuisson** de l'aliment. Pour reprendre l'exemple de la carotte, la structure de ses molécules de glucose change avec la cuisson. Ainsi, une **carotte crue** a un **IG** de **20**, alors que la même **carotte cuite** son **IG** est de **50**.

[Tableau 1](#)

### 3-3/Calcul de la charge glycémique (CG)

✓ Pour obtenir la **CG** d'un aliment, il faut multiplier l'**IG** par la **quantité** de **glucides** d'une portion normale de cet aliment puis diviser par **100**.

$$\text{CG} = (\text{IG} \times \text{quantité de glucides d'une portion d'aliment}) / 100$$

Ex. Une portion d'un aliment de **30g** avec un **IG** de **80** contient **25g** de **glucides**.

$$\text{CG} = 80 \times 25 / 100 = 20$$

✓ La **CG** est un outil très important pour prévenir le **surpoids** ou le **diabète**. Elle permet de mesurer l'impact d'un aliment ou d'un repas sur le **sucre sanguin**. L'**IG** indique la **vitesse** laquelle le **glucose** que contient un aliment se retrouve dans le **sang** après ingestion. Mais il ne tient pas compte de la **quantité** de **glucides** que contient cet aliment. Or l'impact d'un aliment sur l'organisme dépend à la fois de son **IG** et de la **quantité** que vous avalez. La **CG** prend à la fois en compte l'**IG** de l'aliment et la quantité de glucides que avalée.

IG élevé (>70)	IG modéré (entre 56 et 69)	IG bas (< 55)
<b>Fruits</b>		
Dattes 103	Abricots frais 57 Melon 67 Cerises 63 Papaye 56 Banane bien mûre 65 Figs séchées 61 Raisins secs 64 Ananas 59 Abricots au sirop 64 Pêches au sirop 58	Pomme fraîche 38 Abricots secs 30 Pamplemousse 25 Raisin 53 Banane pas trop mûre 52 Kiwi 53 Poire 38 Orange 42 Jus de pomme sans sucre ajouté 44 Jus de pamplemousse sans sucre ajouté 48 Jus d'orange pur jus 50 Jus de tomate 38

**Tableau des index glycémiques** : Le tableau des **index glycémiques**, des courbes ont été établies pour des aliments de référence (voir tableau index glycémiques) d'après **Jennie Brand-Miller**.