

Partie II. Physiologie Animale

1. La respiration
2. La circulation sanguine
3. Le système cardiaque
4. L'élimination et excrétion
5. La digestion
6. Le système nerveux

Chapitre 1. Respiration.

1. Introduction

La respiration permet aux organismes d'obtenir de l'O₂ et d'éliminer du CO₂. Les cellules animales réalisent en effet l'oxydation des nutriments et obtiennent ainsi l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. Ces réactions nécessitent de l'O₂ et produisent du CO₂. L'approvisionnement en O₂ et l'évacuation du CO₂ sont effectués grâce l'appareil respiratoire.

Cet appareil (respiratoire) a pour fonction l'hématose (apport d'O₂ au sang qui le distribue dans tout l'organisme et rejet du CO₂). Aussi :

- Il participe à la défense de l'organisme.
- Il possède des vertus endocriniennes : sérotonine...etc.
- Il intervient dans l'homéostasie de l'équilibre acido-basique.

2. Les différents types de respirations chez les vertébrés

Selon leur milieu environnant, les vertébrés sont dotés de différents organes respiratoires :

- les poumons alvéolaires chez les mammifères ;
- les poumons tubulaires chez les oiseaux ;
- les branchies chez les poissons (milieu aquatique).

Il existe aussi des organes respiratoires particuliers tels que la peau (respiration tégumentaire) chez l'anguille et certains amphibiens et la cavité buccale chez certains poissons et amphibiens.

Il suffit que ces organes soient bien vascularisés (bon apport sanguin, car c'est le sang qui transporte l'O₂ reste du corps), qu'ils puissent demeurer humides, et qu'ils viennent en contact renouvelé avec l'air.

2.1. Les poumons alvéolaires des mammifères (cas de l'homme)

Le poumon humain présente une structure complexe. Il contient de très nombreux vaisseaux capillaires, qui constituent un réseau d'une longueur totale de 2400 km. Aussi, il est muni de minuscules structures, les alvéoles pulmonaires, petits sacs microscopiques regroupés en amas (les sacs alvéolaires), au niveau desquelles passent des capillaires sanguins, et qui sont le lieu des échanges gazeux respiratoires. Chaque poumon contient pas moins de 300 millions de ces alvéoles pulmonaires.

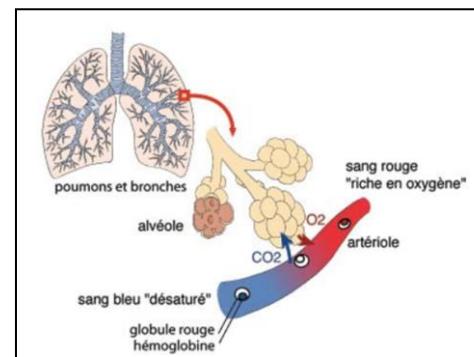


Figure 01 : Poumons alvéolaires humains.

2.2. Les poumons tubulaires des oiseaux

Chez les oiseaux, l'échangeur respiratoire est représenté par deux poumons rigides, inextensibles dont les unités fonctionnelles sont des parabronches tubulaires au niveau desquels l'air passe toujours dans le même sens (unidirectionnel). La ventilation est assurée par de volumineux sacs aériens extrapulmonaires. Ces sacs n'interviennent pas directement dans les échanges gazeux. Ils fonctionnent comme des soufflets assurant une circulation continue de l'air dans les parabronches.

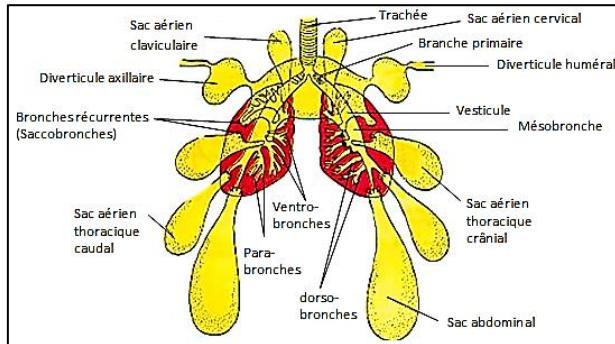


Figure 02 : Poumons tubulaires et sacs aériens chez les oiseaux.

Ce système assure une surface d'échange 10 fois supérieure à celle obtenue chez les mammifères, à taille comparable. Il assure un meilleur rendement par un renouvellement total de l'air. Le rendement est aussi amélioré par une disposition à "courants croisés" des flots de sang et d'air au niveau des parabronches.

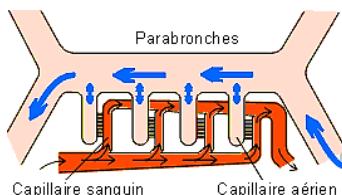


Figure 03 : Disposition à "courants croisés" air/sang au niveau des parabronches (Piper et Scheid., 1992).

2.3. Les Branchies des poissons

En comparaison avec l'air, l'eau ne représente pas un milieu facile pour la respiration : Le milieu aquatique est 800 fois plus dense, 100 fois plus visqueuse et 30 fois plus pauvre en O₂ que le milieu aérien (et donc plus difficile à le déplacer dans les organes respiratoires).

L'organe respiratoire des organismes aquatiques est la branchie. Typiquement, les branchies présentent une structure lamellée (pour augmenter la surface d'échange) et une cuticule mince (pour faciliter la diffusion). Le sang y circule pour y recevoir l'oxygène de l'eau et y décharger le CO₂. Le patron de circulation entre sang et eau est à contre-courant pour maximiser les échanges gazeux.

Les poissons, pompent l'eau de façon active. À chaque cycle, la circulation de l'eau au travers les branchies est continue et unidirectionnelle, ce qui permet l'établissement du système à contre-courant entre le sang et l'eau. L'excellente extraction d'oxygène par ce système d'échange, réussit à compenser les désavantages respiratoires de l'eau.

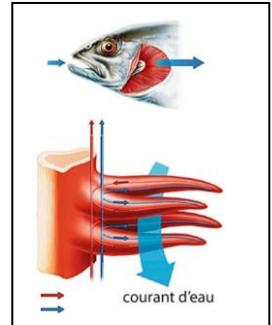


Figure 04 : Branchies des poissons et disposition à "contre courants".

3. Structure et fonctions du système respiratoire humain

3.1. Fosses nasales et pharynx

L'air pénètre par le nez. Au niveau de la région naso-pharyngée, il est humidifié, chauffé à la température du corps, et privé de grosses particules qu'il peut contenir. L'épithélium nasal peut aussi métaboliser certains xénobiotiques.

3.2. Trachée- artère et bronches

La trachée, les artères et les bronches sont recouvertes d'un épithélium présentant des **cellules ciliées** et deux types de cellules non ciliées les cellules **muqueuses** et **séreuses**.

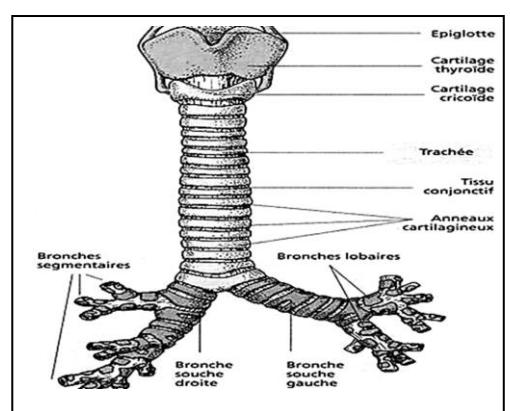


Figure 06 : larynx, trachée et arbre bronchique.

Les cellules muqueuses sécrètent le mucus du tractus respiratoire, les cellules séreuses produisent un liquide dans lequel le mucus peut dissoudre. Par action conjuguée des cils vibratiles et du mucus, les particules superficielles sont remontées jusqu'à la bouche ou elles seront soit rejetées par expectoration, soit dégluties et avalées. Le mucus joue aussi un rôle antioxydant, neutralisant de l'acidité.

3.3. Lobules, bronchioles, alvéoles

Les poumons humains comprennent 5 lobes, 2 pour le poumon gauche, 3 pour le poumon droit. A l'intérieur, les bronches se ramifient pour aboutir aux lobes pulmonaires ; les plus fines constituent alors les **bronchioles** qui sont tapissées par un épithélium renfermant des cellules ciliées.

Les bronchioles conduisent aux **alvéoles**, dont le nombre avoisine 300 million chez l'homme, séparés entre eux par une fine cloison occupée en grande partie par les capillaires pulmonaires.

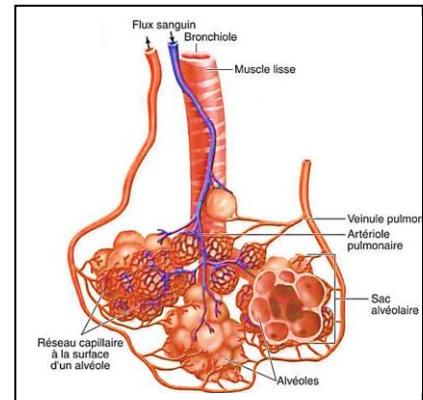


Figure 07 : bronchiole et alvéole.

La minceur de l'espace séparant l'air alvéolaire du sang enrichi en CO₂ permet à l'**hématose** (échange d'O₂ et CO₂ entre sang et air) de s'effectuer. Les alvéoles constituent aussi les principaux sites d'absorption des toxiques gazeux ou volatiles. L'épithélium alvéolaire est composé de trois types de cellules :

- Des **pneumocytes de type I**, petites cellules au niveau desquelles se fait la diffusion des gaz et des petites molécules non ionisées.
- Des **pneumocytes de type II**, grandes cellules considérées comme des précurseurs des pneumocytes I, qui autorisent le passage de grosses molécules par transport actif.
- Des **cellules épithéliales de type III**, cellules « en brosse », plus rares tout au moins chez l'homme.

Au niveau des alvéoles, il y a aussi des fibroblastes (P° de collagène et élastine) et des macrophages assurent une fonction épuratrice (phagocytose de microorganismes et de cellules altérées) et des fonctions métaboliques.

4. La contractilité bronchique

A la surface du muscle lisse bronchique se trouvent des récepteurs du système sympathique / parasympathique : **α1** et **β2**.

La stimulation des récepteurs **β2** par l'adrénaline (messager du système sympathique) entraîne une bronchodilatation.

La stimulation des récepteurs **α1** par l'acéthylcholine (messager du système parasympathique) entraîne une bronchoconstriction.

Il existe des médicaments mimant l'action du système sympathique : **β2 -mimétiques (salbutamol)**.

5. Les muscles respiratoires

5.1. Muscle inspiratoire principale

5.1.1. Le diaphragme : formé de 2 coupoles (D > G) à cause du foie, innervé par le nerf phrénique. Sa contraction entraîne :

- Abaissement des viscères abdominaux ;
- Augmentation du volume de la cage thoracique.

L'ensemble des deux phénomènes produit une dépression intra-thoracique d'où appel d'air.

5.1.2. Muscles intercostaux externes (situés entre 2 cotes) : en se contractant ils comblient les espaces intercostaux. Ces muscles intervientent essentiellement dans l'inspiration forcée.

5.2. Muscles expiratoires : Relâchement des muscles inspiratoires.

Dans l'expiration forcée, relâchement des muscles intercostaux.

A l'inspiration de repos on inhale en moyenne 500ml d'air ; 350 ml parviennent aux alvéoles. 150 ml ne participe pas aux échanges alvéolo-capillaires. On dit alors qu'il existe un espace mort qui ne participe pas aux échanges.

6. Processus de la respiration

6.1. Transport des gaz

97% d' O_2 est lié à l'hémoglobine et 3% dissous dans le sang.

Pour le CO_2 , 25% lié à l'hémoglobine, 5% dissous dans le sang et 70% lié au bicarbonate (régulation de l'équilibre acide-base).

6.2. Échanges gazeux au niveau pulmonaire

Les gaz diffusent de la pression la plus élevée vers la plus basse.

6.3. Échanges au niveau des alvéolaires

Les différentes pressions au niveau de l'alvéole et des capillaires organisent le mouvement des gaz. Le sang désoxygéné qui arrive dans les capillaires, présente une pression en CO_2 supérieure à la pression alvéolaire provoque la sortie du CO_2 , et une pression en O_2 plus faible que la pression alvéolaire se traduit par l'entrée de l' O_2 dans les capillaires.

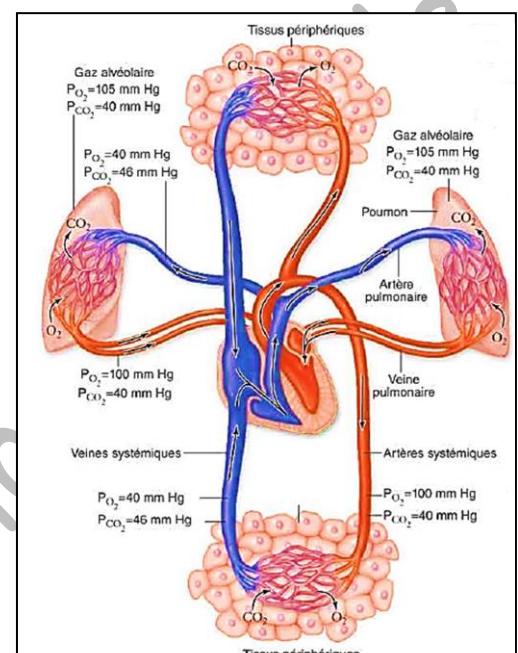


Figure 08 : Echanges gazeux dans les capillaires sanguins des poumons et de la circulation systémique.

6.4. Échanges au niveau tissulaires

Les échanges au niveau des tissus fonctionnent suivant le même principe de gradient de pression. L' O_2 sort en direction des cellules et le CO_2 produit par les tissus rentre dans les capillaires.

6- Régulation de la respiration

Au repos, on ventile peu mais à l'exercice on ventile plus. Cette hyperventilation est due à trois éléments de base qui entre en jeu dans la régulation de la ventilation :

- **Les récepteurs** : ils recueillent l'information (stimuli) et la transmet.
- **Les centres respiratoires** : ils coordonnent les informations reçues par les récepteurs et envoient des impulsions aux muscles respiratoires.
- et **les effecteurs** : ce sont les muscles respiratoires (contraction, décontraction, respiration).

Il existe un contrôle nerveux de la respiration, provient des centres respiratoires. Il existe trois centres respiratoires au niveau du tronc cérébral :

- ▶ Le centre bulbaire.
- ▶ Le centre apneustique.
- ▶ Le centre pneumo taxique.

Chapitre 2. Circulation sanguine.

1. Le sang

Le sang est un tissu conjonctif liquide composé d'une matrice fluide, **le plasma**, dans lequel plusieurs types de **cellules et d'éléments figurés** circulent. Le sang est pompé par le cœur et propulsé dans les vaisseaux du système cardiovasculaire (artères, artéries, capillaires, veinules, veines).

1.1. Les fonctions du sang :

- **Transport** : Il amène l' O_2 , les nutriments et les hormones, jusqu'aux tissus. Il transporte le CO_2 et permet l'excrétion hors de l'organisme des déchets produits par les tissus.
- **Régulation acido-basique** : Par le système tampon bicarbonate, il contrôle l'acidose (pH bas) et l'alcalose (pH élevé) respiratoires.
- **Thermorégulation** : Dans le cas d'une hyperthermie, l'excès de chaleur est transporté jusqu'à la surface du corps.
- **Immunité** : Les leucocytes (cellules blanches) sont transportés jusqu'aux sites de blessures ou d'infection.
- **Hémostase** : Les thrombocytes (plaquettes) et les protéines de la coagulation contribuent à réduire les pertes de sang lorsqu'un vaisseau sanguin est endommagé.

1.2. Composition du sang

Le sang est formé de cellules mobiles, les globules ou éléments figurés, baignant dans un milieu intermédiaire liquide et également mobile, le plasma.

1.2.1. Le plasma

Le plasma est la composante liquide du sang dans laquelle baignent les éléments figurés. Il est constitué de 90 % d'eau, 10 % d'ions et de différentes molécules qui sont ainsi transportées à travers l'organisme. Il représente 55 % du sang.

Les principales molécules du plasma sont : le glucose, les lipides, les protéines (albumine, immunoglobulines et facteurs de coagulations). Certains de ces éléments sont des hormones comme les prostaglandines et les thromboxanes.

1.2.2. Les éléments figurés

Les éléments figurés regroupent les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes sanguines. Ils représentent 45 % du sang. Leur morphologie peut être étudiée sur un frottis coloré au May Grünwald Giemsa (MGG).

1.2.2.1. Les globules rouges ou hématies

- Femmes : 4 à 5 millions globules rouges dans $1mm^3$ de sang.
- Hommes : 5 à 6 millions globules rouges dans $1mm^3$ de sang.

Les globules rouges (ou hématies ou encore érythrocytes) sont des cellules anucléées dont le constituant essentiel est une hémoprotéine de liaison de l'oxygène : l'hémoglobine (environ 14,5 g/100 ml). Le rôle principal de ces cellules est d'assurer le transport de l' O_2 et du CO_2 entre les alvéoles pulmonaires et les tissus.

1.2.2.2. Les globules blancs ou leucocytes

Il y a environ 5 000 à 7 000 globules blancs (ou leucocytes) dans $1mm^3$ de sang sain. Les leucocytes dépassent les érythrocytes en taille et sont nucléés. De plus, ils ne sont pas confinés dans le sang comme les érythrocytes mais peuvent sortir des capillaires pour gagner le liquide interstitiel tissulaire.

Il existe différents types leucocytaires, chacun d'eux jouant un rôle spécifique dans la défense de l'organisme :

- **Les leucocytes granuleux** ou polynucléaires ou granulocytes (40 à 80 % des leucocytes) comprennent les *neutrophiles*, les *éosinophiles* et les *basophiles*.

- **Les leucocytes non granuleux** comprennent les *monocytes* (2 à 10% des leucocytes) et les *lymphocytes* (20 à 40 % des leucocytes).

1.2.2.3. Les plaquettes

Des fragments de cellules provenant des *mégacaryocytes* de la moelle osseuse (200 000 à 400 000 / mm³). Elles contiennent de l'actine et de la myosine. Elles sont nécessaires au processus de coagulation.

1.3. L'érythropoïèse

C'est la formation des globules rouges, s'effectue au niveau de la moelle osseuse, il existe dans la moelle osseuse un ensemble de cellules souches non différenciées et dont les potentialités évolutives sont multiples.

Ces cellules souches vont après division donner naissance à des cellules capables de se différencier et qui, sous l'influence de stimuli spécifiques, vont donner naissance aux différentes lignées :

La **lignée érythroblastique** donne naissance aux **hématies**, grâce à une hormone sécrétée par le rein, l'**érythropoïétine**.

La **lignée granuleuse** donne naissance aux différentes variétés de **polynucléaires** grâce à l'action d'un facteur spécial appelé **CSF** (colony stimulating factor).

La **lignée plaquettaire** donne naissance aux plaquettes grâce à une hormone, la **thrombopoïétine** et une cellule appelée **mégacaryocyte**.

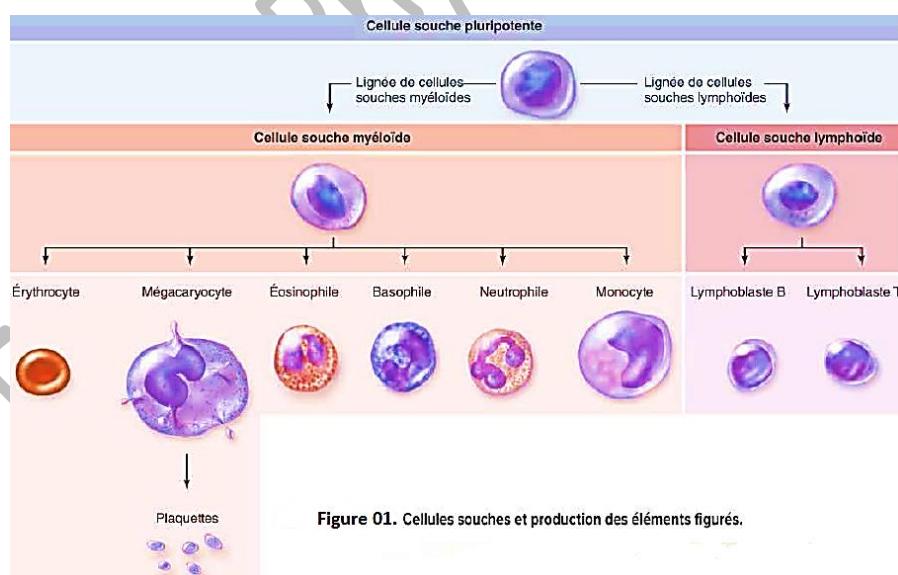


Figure 01. Cellules souches et production des éléments figurés.

2. La circulation sanguine

La caractéristique essentielle de l'appareil circulatoire est d'être divisé en 2 grands systèmes indépendants mais complémentaires :

- La grande circulation ou circulation systémique ;
- et la petite circulation ou circulation pulmonaire.

Le centre de c'est deux circulation est le cœur, qui consiste en une véritable pompe à fonctionnement alternatif (systole et diastole) qui fait circuler le sang dans le réseau de distribution formé des vaisseaux sanguins (les artères, les artéries, les capillaires, les veinules et les veines).

2.1. La grande circulation ou circulation systémique

Du ventricule gauche, le sang oxygéné est éjecté dans l'aorte d'où vont naître toutes les artères destinées à vascularisé tous les organes, toutes les cellules dans les tissus, au niveau capillaire sanguins, le sang libère son O_2 et se charge en CO_2 . Par l'intermédiaire du réseau veineux, le sang revient par la veine cave inférieure à l'oreillette droite et passe dans le ventricule droit.

2.2. La petite circulation ou circulation pulmonaire

La petite circulation, ou circulation pulmonaire, est entièrement consacrée à l'oxygénation du sang et à l'élimination du CO_2 . Du ventricule droit, le sang est éjecté vers les poumons par l'intermédiaire de l'artère pulmonaire. Dans les poumons, au niveau des capillaires pulmonaires, le sang se décharge de son CO_2 et se charge de nouveau en O_2 . Le sang revient alors au cœur par les veines pulmonaires, aboutit à l'oreillette gauche.

2.3. La circulation sanguine dans le cœur

L'oreillette droite reçoit du sang désoxygéné (sang qui a cédé une partie de son oxygène aux cellules) de diverses parties de l'organisme par trois veines.

- la veine cave supérieure apporte le sang provenant des parties du corps situées au-dessus du cœur.
- la veine cave inférieure transporte le sang provenant des parties du corps situées au-dessous du diaphragme.
- le sinus coronaire draine le sang de la plupart des vaisseaux qui alimentent les parois du cœur.

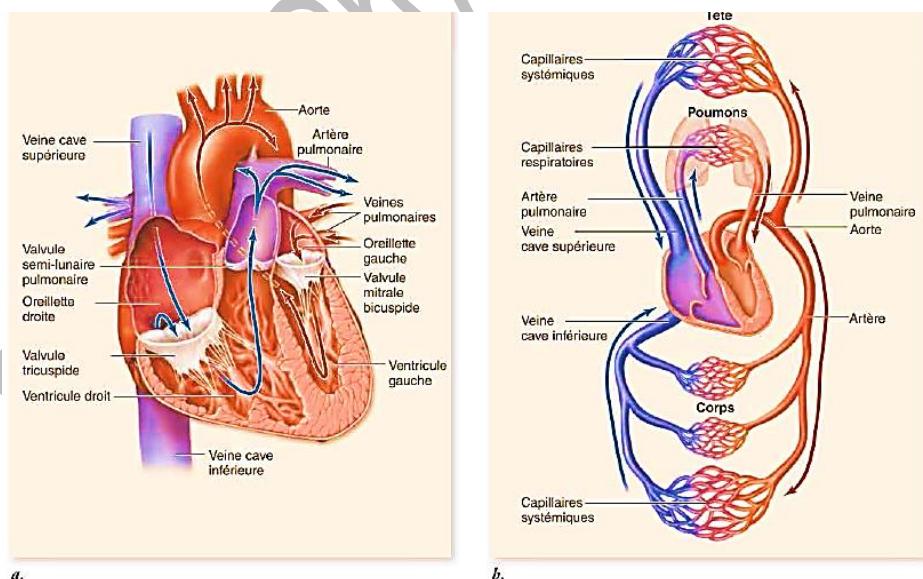


Figure 2. Le cœur et la circulation chez les mammifères et les oiseaux. *a.* Passage du sang à travers le cœur à quatre chambres. *b.* La partie droite du cœur reçoit le sang désoxygéné et le pompe vers les poumons; la partie gauche du cœur reçoit le sang oxygéné et le pompe vers le corps. De cette manière, les circulations pulmonaire et systémique sont maintenues complètement séparées.

3. Structure des parois vasculaires

3.1. Les parois des capillaires sanguins

Elles sont formées que de cellules endothéliales (constituent un endothélium ou tunique interne \Rightarrow une seule couche de cellules).

3.2. Les parois des artères et des veines

Elles sont composées de 3 couches :

3.2.1. INTIMA (Tunique interne)

C'est un épithélium simple (tapisse la lumière des vaisseaux) appelé endothélium.

Les vaisseaux de diamètre supérieur à 1 mm présentent une couche sous-endothéliale constituée de tissu conjonctif lâche.

3.2.2. MEDIA (Tunique moyenne)

Elle est constituée de :

Cellules musculaires lisses, de feuillets d'élastine.

Le muscle lisse vasculaire est sous le contrôle des neurofibres vasomotrices du SNA sympathique; selon les besoins de l'organisme, elles provoquent :

- Soit, la vasoconstriction (\downarrow du calibre due à la contraction du muscle lisse),
- Soit, la vasodilatation (\uparrow du calibre due au relâchement du muscle lisse).

La tunique moyenne régit ainsi le débit et la pression du sang (rôle important dans la régulation de la circulation).

3.2.3. ADVENTICE (Tunique externe)

Elle est composée de :

- ▶ Fibres de collagène dont les rôles sont de protéger les vaisseaux, d'attacher ceux-ci aux structures environnantes ;
- ▶ de neurofibres ;
- ▶ de vaisseaux lymphatiques ;
- ▶ de minuscules vaisseaux sanguins (vasa vasorum) qui nourrissent les tissus externes de la paroi des gros vaisseaux.

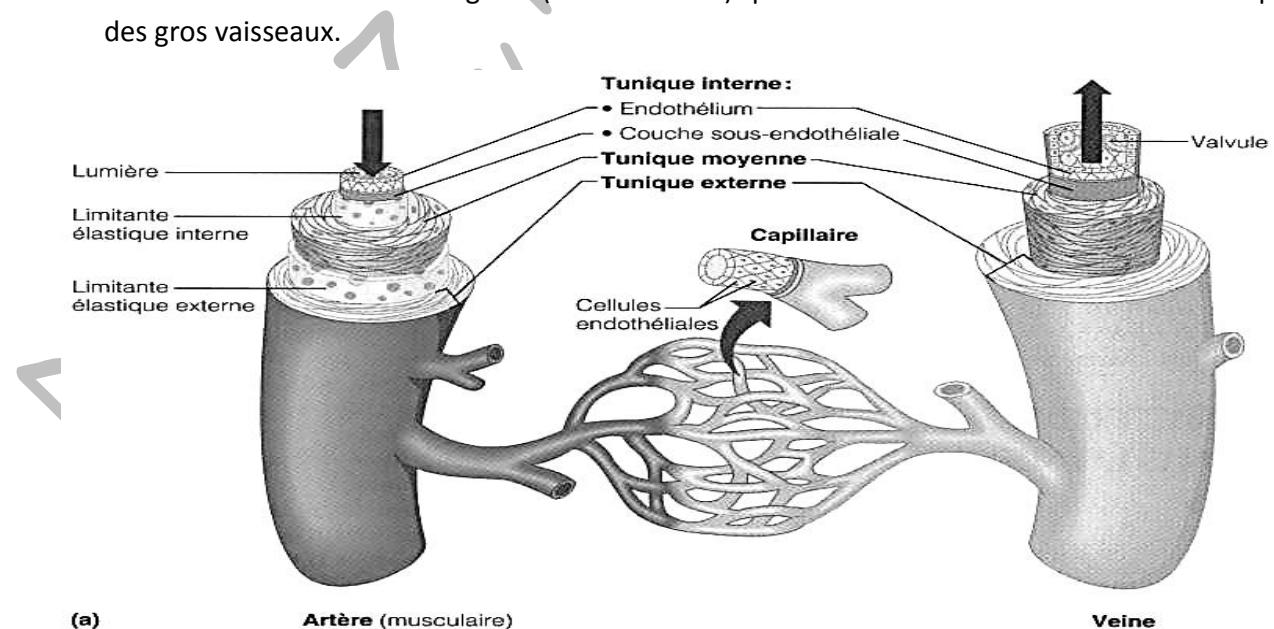


Figure 3. Structure des vaisseaux sanguins.

Chapitre 3. Système cardiaque.

Généralités :

Le cœur : vascularisé pour être alimenté en oxygène et en nutriments par des vaisseaux nourriciers (**les vaisseaux coronaires**). Les artères et veines coronaires circulent le long de sillons.

Le sang est continuellement pompé et éjecté hors du cœur par des vaisseaux différents. Il existe 2 circuits vasculaires qui ont tous les deux leur origine et leurs fins dans **le cœur**.

On parle de :

Petite circulation ou circulation pulmonaire pour l'ensemble suivant :

- Cœur droit (oreillette + ventricule).
- Artère et veines pulmonaires.
- Poumons.

C'est dans les capillaires pulmonaires que se font les échanges gazeux au niveau des alvéoles pulmonaires.

Le sang est débarrassé de son excès de CO₂ et enrichi en O₂. Le sang oxygéné est drainé par les veines pulmonaires et acheminé vers l'oreillette gauche puis le ventricule gauche **c'est le circuit d'oxygénéation du sang**.

La grande circulation ou circulation systémique (cœur, vaisseaux, tissus) comporte :

- Le cœur gauche.
- L'aorte et ses branches.
- Le système veineux cave.

Le ventricule gauche éjecte le sang dans l'aorte puis dans tout l'organisme jusqu'aux capillaires systémiques « capillaires sanguins ». Au niveau de ces capillaires, le sang cède de l'O₂ aux tissus et capte du CO₂. Le sang désaturé en O₂ est ramené par les veines au cœur droit.

I- Anatomie du système cardiovasculaire :

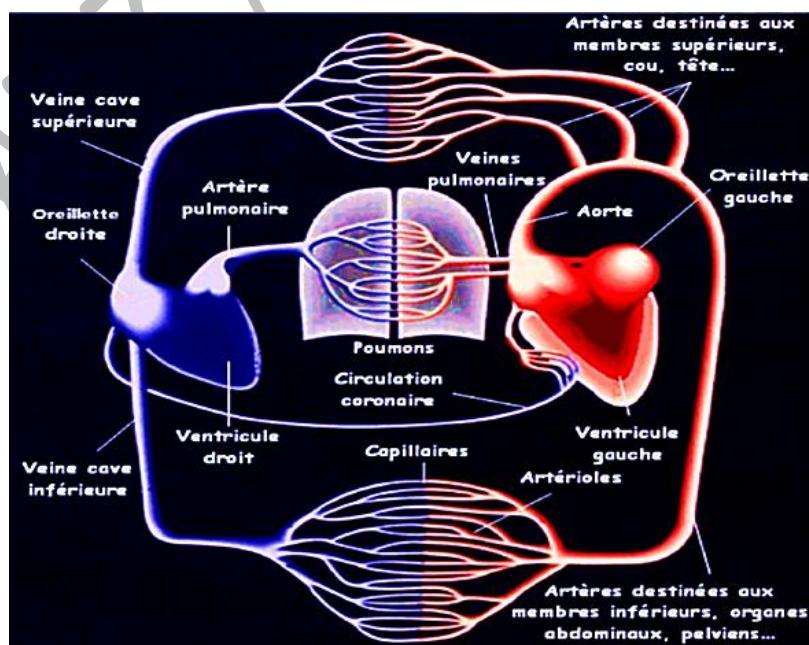


Figure 1 : Anatomie de L'appareil cardiovasculaire. *D'après Chung, M.K., and Rich, M.W. Introduction to the cardiovascular system.*

I-1- La paroi du cœur

Comprend trois tuniques, soit, de l'extérieur vers l'intérieur, l'épicarde, le myocarde et l'endocarde.

L'épicarde, qui fait également partie du péricarde séreux, est la tunique externe de la paroi. Mince et transparent, il est composé de **mésothélium** et d'un délicat **tissu conjonctif** qui rend la texture de la face externe du cœur lisse et glissante.

Le myocarde est composé de **tissu musculaire cardiaque** ; il constitue l'essentiel de la masse du cœur, et ne se rencontre d'ailleurs que dans cet organe. Grâce à sa structure et sa fonction spécialisées, il assure l'action de pompage du cœur. Les myocytes cardiaques sont involontaires, striés et ramifiés

Les extrémités des myocytes adjacents sont unies par des digitations transverses irrégulières appelées **disques intercalaires**.

Ceux-ci renforcent le tissu musculaire cardiaque et maintiennent les myocytes ensemble pendant leurs vigoureuses contractions. Ils contiennent également des jonctions communicantes qui permettent aux potentiels d'action de se propager d'un myocyte cardiaque à l'autre.

L'endocarde est une mince couche **d'endothélium** (un épithélium simple pavimenteux) qui tapisse l'intérieur du myocarde et recouvre les valves cardiaques et les tendons qui s'y rattachent. L'endocarde est en continuité avec l'endothélium des gros vaisseaux sanguins.

I-2- Les cavités cardiaques :

Le cœur possède quatre cavités : deux oreillettes, ou atriums, dans sa partie supérieure et deux ventricules dans sa partie inférieure.

Une cloison mince, le septum inter auriculaire sépare les oreillettes droite et gauche. Ce septum se distingue par une dépression, la fosse ovale. Cette dernière constitue un vestige du foramen ovale,

Le ventricule droit est séparé du ventricule gauche par une cloison appelée septum inter ventriculaire.

Sur la face antérieure de chaque oreillette se trouve un appendice ridé en forme de poche nommé auricule.

L'auricule augmente légèrement la capacité de l'oreillette pour lui permettre de contenir un plus grand volume de sang.

L'épaisseur du myocarde des quatre cavités cardiaques varie selon l'effort de pompage qu'elles doivent fournir. **Les oreillettes ont des parois minces comparativement à celles des ventricules**, car le sang qu'elles envoient a pour destination les ventricules, juste en dessous.

Bien que les ventricules droit et gauche agissent comme deux pompes autonomes qui éjectent simultanément des volumes équivalents de sang, le ventricule droit fournit beaucoup moins d'effort. En effet, il pompe le sang seulement vers les poumons (**circulation pulmonaire**), qui sont situés à proximité et n'opposent qu'une faible résistance ; elle doit surmonter une plus grande pression.

Le ventricule gauche pompe le sang vers toutes les autres régions du corps (**circulation systémique**), qui opposent une résistance plus élevée à l'écoulement sanguin.

Le ventricule gauche doit donc travailler plus fort que le ventricule droit pour maintenir le même débit sanguin. C'est pourquoi sa paroi musculaire est bien plus épaisse que celle du ventricule droit.

I-3- Les gros vaisseaux du cœur :

Le sang désoxygéné est le sang pauvre en molécules d'oxygène (O_2), parce qu'il en a cédé aux cellules, et plus riche en molécules de dioxyde de carbone (CO_2), qui ont été relâchées par les cellules.

Il parvient à l'oreillette droite par trois **veines**, c'est à dire par les vaisseaux sanguins qui retournent le sang au cœur. La **veine cave supérieur ramène le sang principalement des parties du corps** situées au-

dessus du cœur ; la **veine cave inférieure ramène le sang** surtout des parties du corps qui se trouvent en dessous du cœur ; et le **sinus coronaire achemine le sang provenant de la plupart des** vaisseaux qui approvisionnent la paroi du cœur.

L'oreillette droite achemine ensuite le sang désoxygéné au ventricule droit, qui le pompe à son tour vers le **tronc pulmonaire**. Ce dernier se divise en une **artère pulmonaire gauche et une artère pulmonaire droite**, qui chacune transporte le sang vers le poumon correspondant.

Les **artères sont des vaisseaux sanguins** qui transportent le sang hors du cœur.

Dans les poumons, le sang désoxygéné se débarrasse du CO₂ et absorbe de l'O₂. Le sang oxygéné entre ensuite dans l'oreillette gauche par quatre veines pulmonaires. Il passe alors dans le ventricule gauche, qui le pompe vers l'aorte ascendante. De là, il est acheminé à toutes les parties du corps.

I-4- Les valvules cardiaques :

Chaque cavité du cœur qui se contracte éjecte un certain volume de sang dans un ventricule ou dans une artère émergeant du cœur.

Le cœur possède **quatre valves** composées de tissu conjonctif dense recouvert d'endothélium. Elles s'ouvrent et se ferment sous l'effet des changements de pression produits par la contraction et la relaxation du cœur.

Elles forcent ainsi le sang à circuler dans une seule direction, puisqu'elles s'ouvrent pour le laisser passer et se ferment ensuite pour l'empêcher de refluer.

Les **valves auriculo ventriculaires** sont situées à la jonction d'une oreillette et d'un ventricule.

La valve auriculo ventriculaire située entre l'oreillette droite et le ventricule droit est appelée **valve tricuspidé** parce qu'elle comprend trois cuspides (lames membraneuses).

La valve auriculo ventriculaire située entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche est nommée **valve bicuspidé, ou valve mitrale**.

Elle possède deux cuspides qui fonctionnent de la même manière que celles de la valve tricuspidé.

Pour que le sang passe d'une oreillette à un ventricule, la valve auriculo ventriculaire doit s'ouvrir.

Près du point d'origine du tronc pulmonaire et de l'aorte se trouvent les **valves semi-lunaires, soit la valve pulmonaire et la valve aortique**. Elles empêchent le retour du sang vers le cœur.

La **valve pulmonaire** est située dans l'ouverture par laquelle le tronc pulmonaire sort du ventricule droit.

La **valve aortique** se trouve dans l'ouverture du ventricule gauche où l'aorte prend naissance.

I-5- L'irrigation sanguine du cœur :

Les nutriments présents dans le sang qui circule dans les cavités du cœur ne peuvent pas diffuser assez rapidement pour alimenter toutes les couches de cellules composant la paroi du cœur. C'est pourquoi le myocarde, comme tous les autres tissus, possède ses propres vaisseaux sanguins.

La circulation du sang dans les nombreux vaisseaux du myocarde est appelée **circulation coronarienne**. Les **principaux vaisseaux** coronaires sont les **artères coronaires gauche et droite**, issues de ramifications de l'aorte ascendante.

Chaque artère se ramifie une fois, puis une deuxième fois pour acheminer l'O₂ et les nutriments à l'ensemble du muscle cardiaque.

La plus grande partie du sang désoxygéné, chargé de CO₂ et de déchets, s'écoule par une grosse veine sur la face postérieure du cœur, appelée **sinus coronaire**, qui se jette dans l'oreillette droite.

II- Physiologie de l'appareil cardio-vasculaire :

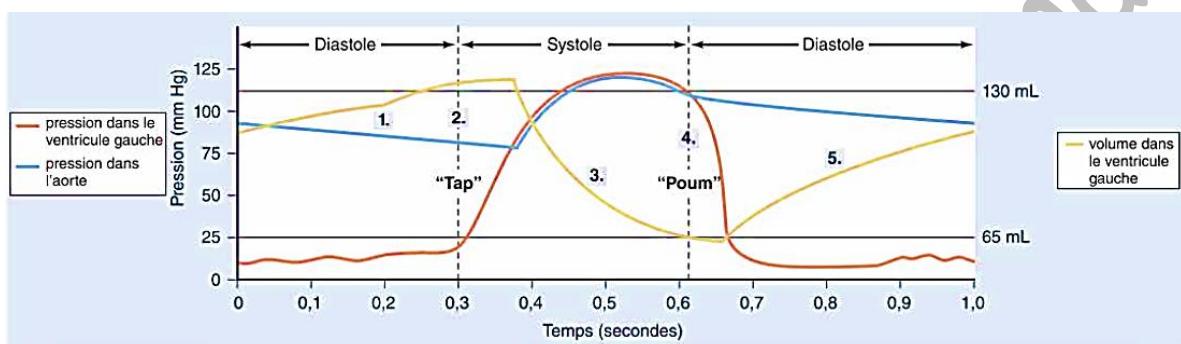
II-1- La systole :

C'est la phase du cycle cardiaque pendant laquelle les fibres du myocarde se contractent entraînant une diminution du volume des oreillettes ou des ventricules et comportant le phénomène d'éjection du sang qu'ils contiennent.

Systole = Systole auriculaire (contraction des oreillettes) + systole ventriculaire (contraction des ventricules et éjection vers l'aorte et les artères pulmonaires).

II-2- La diastole:

C'est la période de relâchement du myocarde pendant laquelle les ventricules ou les oreillettes se remplissent de sang.



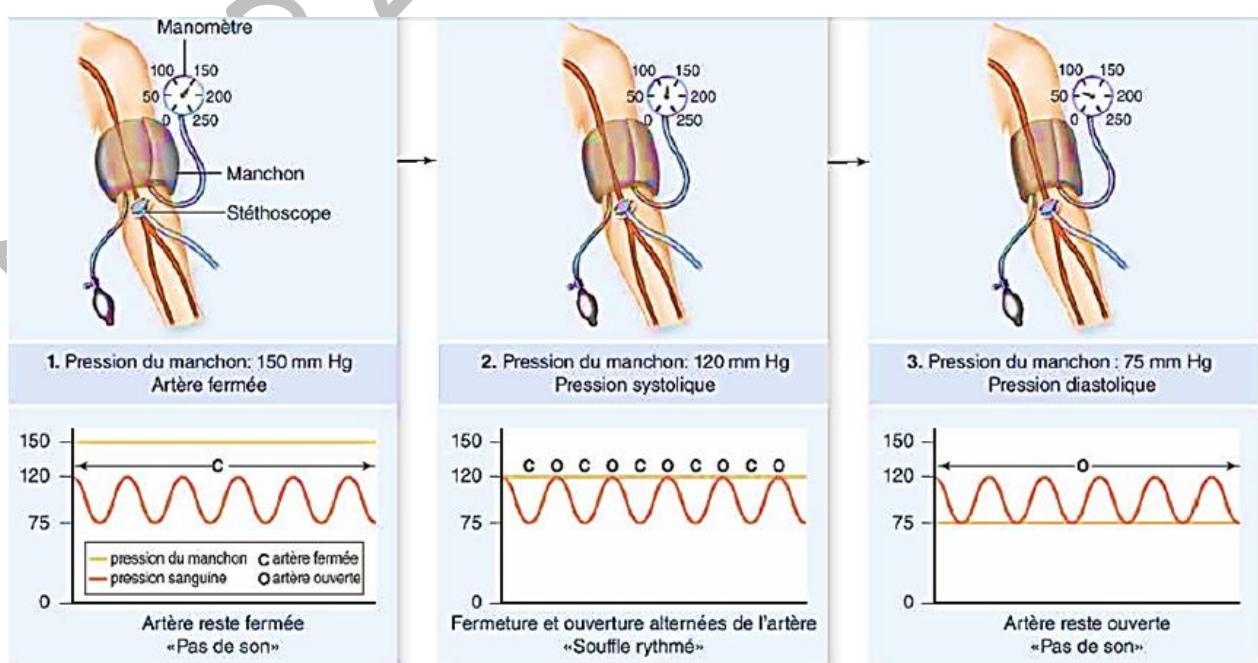
II-3- Les bruits du cœur :

- Le premier marque le début de la systole ventriculaire.
- Le deuxième bruit marque la fin de la systole ventriculaire et le début de la diastole ventriculaire.

II-4- La pression artérielle:

La pression artérielle passe par un maximum en systole (pression systolique) et un minimum en diastole (pression diastolique).

La pression artérielle se mesure au niveau de l'artère humérale. Elle s'exprime en mm de mercure (mmHg).



II-5- Automatisme cardiaque :

Les contractions du muscle cardiaque sont provoquées par des impulsions électriques régulières, ces impulsions électriques sont déclenchées par des cellules automatiques situées dans les **cellules nodales**.

Chaque cellule nodale est polarisée, c'est à dire qu'il existe une charge électrique à l'intérieur de la cellule :

- Polarité
- Dépolarisation
- Repolarisation

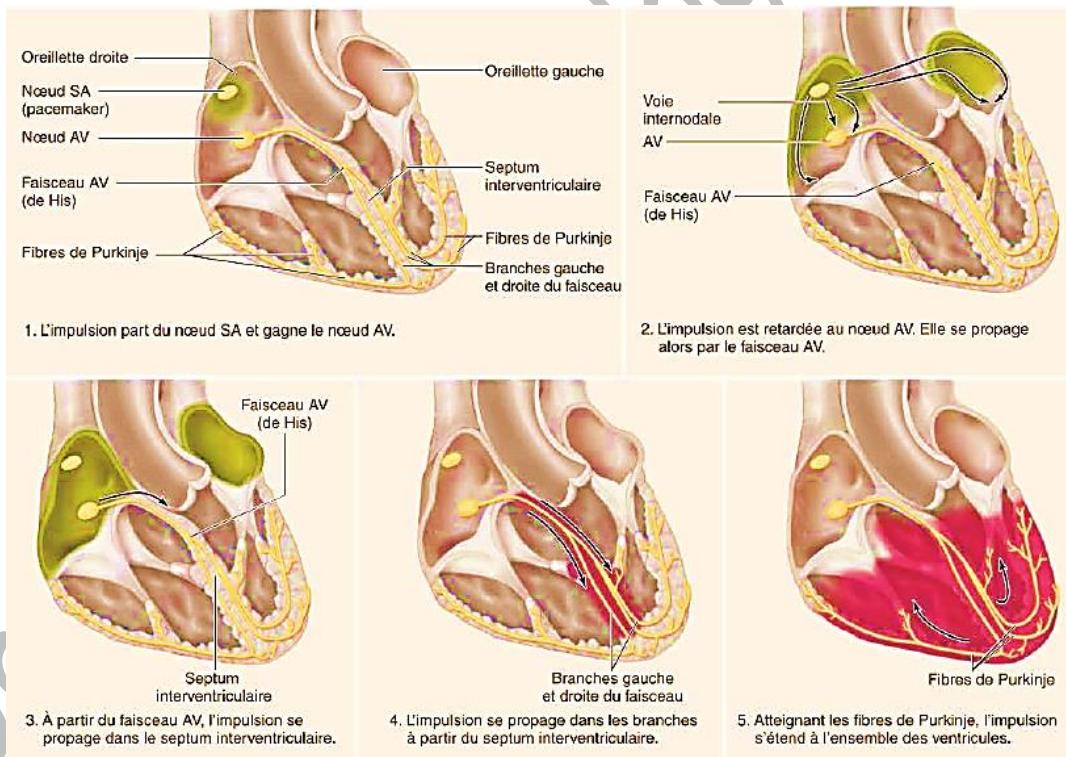
II-5-1- Le tissu nodal :

Il est localisé sur plusieurs parties du cœur. On distingue 4 voies de conduction :

- Le nœud sinusal ou Keith et Flack.
- Le nœud auriculo-ventriculaire ou Aschoff Tawara.
- Le faisceau de His.
- Le réseau de Purkinje.

Le centre de commande est le nœud sinusal rythme sinusal.

Les structures sous-jacentes ont un rôle de conduction de l'influx nerveux.



II-6- Electrocardiogramme (ECG) :

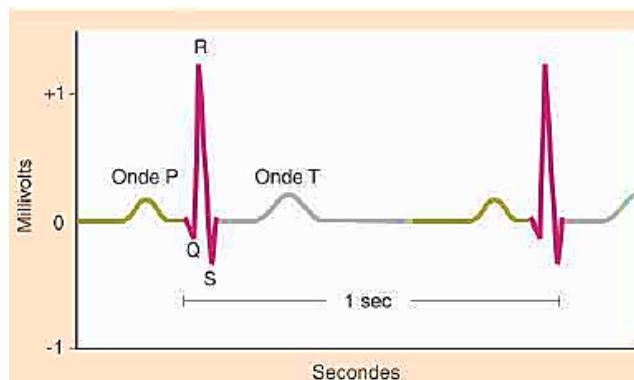
La propagation des potentiels d'action dans le cœur génère des courants électriques que l'on peut détecter en plaçant des électrodes sur la peau. On appelle électrocardiogramme ECG le tracé des changements électriques enregistrés qui rend compte de tous les potentiels d'action produits par les myocytes cardiaques à chaque battement.

Trois ondes faciles à reconnaître accompagnent chaque battement du cœur. La première est l'**onde P**, une **légère dérivation** ascendante sur l'ECG.

Elle correspond à la phase de **dépolarisation du potentiel d'action auriculaire**, qui commence dans le nœud sinusal et se propage dans les deux oreillettes.

La dépolarisation (phénomène électrique) provoque la contraction (phénomène mécanique). Ainsi, une fraction de seconde après le début de l'onde P, les oreillettes se contractent. La deuxième onde, appelée **complexe QRS**, forme d'abord une dérivation descendante (Q) ; elle remonte ensuite pour former un grand triangle pointu (R) avant de redescendre de nouveau (S).

Le complexe QRS correspond au **début de la dépolarisation ventriculaire**, pendant laquelle le potentiel d'action se propage dans les ventricules. Peu de temps après la formation du complexe QRS, les ventricules commencent à se contracter. La troisième onde est une dérivation ascendante en forme de dôme appelée **onde T**. Elle correspond à la phase de **repolarisation du potentiel d'action ventriculaire** qui survient juste avant la relaxation ventriculaire. La phase de repolarisation des oreillettes n'est habituellement pas décelable sur un ECG, car elle est masquée par le complexe QRS.



II-7- Le système neuro-végétatif :

Le rôle de la pompe cardiaque est d'assurer un débit sanguin répondant en toutes circonstances aux besoins en oxygène de l'organisme.

La régulation du débit en fonction des besoins est sous la dépendance du système neuro-végétatif, ou système nerveux autonome.

On distingue deux systèmes antagonistes :

- Un système « accélérateur » du cœur, le sympathique.
- Un système « frein » du cœur, le parasympathique.

Le système sympathique augmente le débit cardiaque en cas d'effort ou de stress. En dehors de ces circonstances, le parasympathique freine en permanence.

Chapitre 4. Elimination et excrétion.

1. Appareil urinaire

Les reins sont deux organes appartenant au système urinaire, présentant une forme d'haricot, et localisés dans l'abdomen à hauteur des deux dernières vertèbres thoraciques et des deux premières lombaires de part et d'autre de la colonne vertébrale.

Sur la coupe sagittale d'un rein, on distingue deux zones différentes : une zone externe dont le **cortex** est pâle et une zone interne, la **médullaire** (medulla).

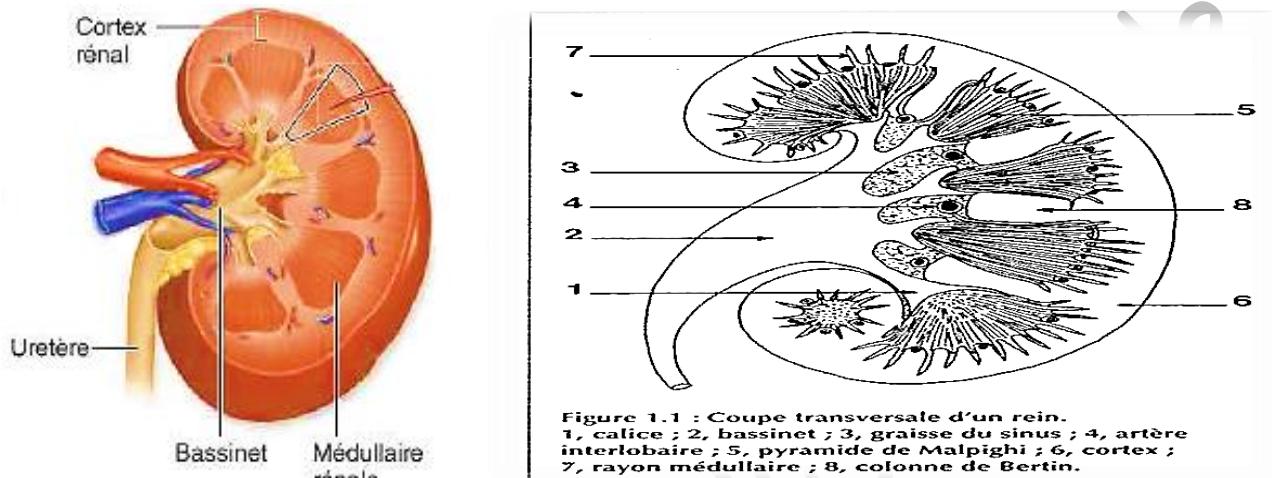


Figure 1 : Une coupe transversale d'un rein

1.1. Structure du rein

1.1.1. Disposition générale

La médullaire profonde centrale : formée par 8 cônes (4 à 18) appelés *les pyramides de Malpighi*.

Le cortex périphérique : coiffe la base des pyramides de Malpighi et s'insinue entre les pyramides constituant les *colonnes de Bertin*.

Le néphron est l'unité fonctionnelle du rein. Chaque rein comporte environ 1 300 000 néphrons.

1.1.2. Structure du néphron

Le glomérule.

Le tube proximal, comprend 2 parties : Un tubule contourné, Un tubule droit.

Le tube intermédiaire, très fin, comporte une branche fine descendante et ascendante de *l'anse de Henlé*.

Le tube distal, avec 2 parties :

Un tube droit, large constituant la branche ascendante large de *l'anse de Henlé*.

Un tube contourné qui se jette dans un canal collecteur.

La macule densa, élément de l'appareil juxtaglomérulaire, au contact du tube contourné distal et de l'artériole afférente.

1.1.3. Localisation des différents segments du néphron dans le parenchyme

Le cortex contient des glomérules, le tube contourné proximal, le tube contourné distal.

Le tube droit proximal, le tube intermédiaire et le tube droit distal formant l'anse de Henlé, sont dans la médullaire ainsi que les tubes collecteurs de Bellini.

1.1.4. Le glomérule

Le glomérule à la forme d'une sphère limitée par une enveloppe, la **capsule de Bowman**.

Le glomérule présente 2 pôles

Un pôle urinaire ou s'insère le tube contourné proximal.

Un pôle vasculaire où pénètre **l'artériole afférente** et d'où sort **l'artériole efférente** au contact de l'appareil juxtaglomérulaire.

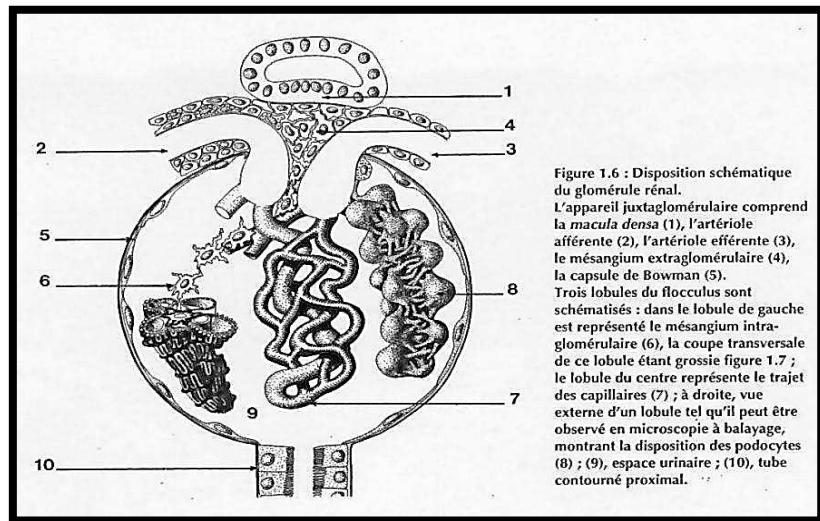


Figure 2 : Disposition schématique du glomérule rénal.

Le glomérule est essentiellement constitué par un réseau capillaire, **le flocculus**, réalisant un système porte artériel entre l'artériole afférente et l'artériole efférente.

Ce réseau capillaire possède deux propriétés fondamentales :

- .Une conductivité hydraulique très élevée autorisant un débit de filtration élevé (120 ml/min/1.73 m²).
- .Une imperméabilité aux macromolécules supérieure à 68 K.dalton.

2. Physiologie rénale

Le rein a pour fonction essentielle la formation de l'urine constituée principalement d'éléments d'origine plasmatique et accessoirement d'éléments produits par l'activité métabolique des cellules rénales (fonction de maintien de l'homéostasie et formation de l'urine).

2.1. Mécanisme général de la formation de l'urine

La formation de l'urine passe par deux étapes successives :

A- La filtration glomérulaire

Réalise un transfert par ultrafiltration d'une grande quantité de liquide plasmatique **dépourvu de protéine de haut poids moléculaire** depuis le compartiment capillaire des glomérules vers leur espace urinaire. **L'ultrafiltrat** obtenu constitue **l'urine primitive**.

La possibilité pour une molécule de traverser le filtre rénale est déterminée par **sa taille (PM)**, et par sa **charge électrique** (+ plus vite que -).

Pour les molécules dont la structure permet une filtration, la quantité filtrée dépend du jeu des **pressions** de part et d'autre de la membrane filtrante.

B- Des ajustements tubulaires

Par des **transferts bidirectionnels** qui s'effectuent tout le long du tube urinifère sur l'urine primitive et déterminent la composition de l'urine finalement excrétée.

Ces transferts passifs ou actifs s'effectuent dans 2 sens :

De la lumière tubulaire vers le tissu interstitiel et les capillaires péri tubulaires; ces transferts sont appelés **réabsorption**.

.Des capillaires péri tubulaires **vers la lumière tubulaire**. Ces transferts sont appelés **sécrétion**.

2.2. Les systèmes capillaires intra rénaux

Les trois systèmes capillaires intra rénaux ont une utilité fonctionnelle remarquable.

A- Les capillaires glomérulaires : où règne une **pression hydrostatique élevée** contribuent à l'ultrafiltration pour aboutir à la formation de l'urine primitive.

B- Les capillaires péri tubulaires : où règne une **pression oncotique très élevée** contribuent à la réabsorption.

C- Les capillaires des vasa récta : où règne une **pression osmotique qui peut être la plus élevée de l'organisme** joue un rôle essentiel dans les mécanismes de concentration, dilution de l'urine.

Remarque

Les capillaires des vasa récta sont des capillaires issus des artéioles efférentes, ils plongent dans la médullaire ou ils se groupent en faisceaux autour des branches des anses de henlé.

L'urine primitive a une composition ionique identique à celle du plasma quasiment dépourvu de protéine et sans macromolécule.

Le débit sanguin rénal n'est pas déterminé par les besoins métaboliques du rein car le rein ne consomme que 10 à 15 % de l'O₂ qui lui est présenté.

Le rôle majeur de la circulation rénale est de protéger et donc de **maintenir la filtration glomérulaire contre des variations hémodynamiques systémiques**.

2.3. Régulation du débit sanguin rénal et de la filtration glomérulaire

On distingue deux niveaux de régulation du débit sanguin rénal et de la filtration glomérulaire :

Une régulation intrinsèque avec une **autorégulation** et une **régulation hormonale**.

Une régulation extrinsèque de nature **nerveuse sympathique et hormonale extra rénale**.

A la fin on obtient l'urine : Liquide jaunâtre, pH allant de 4,7 jusqu'à 6, Volume urinaire/j= diurèse= 1,5L/j.

Contient 30 à 70 g de substances dissoutes /L, Dépourvue de glucose et de protéines dans les conditions normales.

Chapitre 5. Digestion.

1. Introduction

Contrairement aux plantes qui sont autotrophes, les animaux sont hétérotrophes. Ils doivent consommer des molécules organiques (aliments) présentes dans d'autres organismes. Les aliments doivent être digérées en plus petites molécules afin d'être absorbées par le corps animal. L'animal peut utiliser ces produits (de la digestion) comme source d'énergie ou pour la synthèse de molécules plus grandes qui entrent dans la constitution des tissus. Les hétérotrophes sont soit herbivores, soit carnivores ou omnivores. Les systèmes digestifs de ceux-ci sont adaptés à leur régime alimentaire.

2. Les systèmes digestifs des vertébrés

Chez les vertébrés, le système digestif consiste en un tractus gastro-intestinal tubulaire et en organes digestifs accessoires.

Le tractus gastro-intestinal commence par la bouche et le pharynx. Vient ensuite l'œsophage qui transfère la nourriture dans l'estomac, où la digestion commence. De l'estomac, la nourriture passe dans l'intestin grêle, où une batterie d'enzymes digestives poursuit le processus digestif. Les produits de la digestion ainsi que l'eau et des minéraux sont absorbés par la paroi de l'intestin grêle et passent dans le gros intestin, où une partie d'eau et des minéraux restants sont absorbés.

Chez la plupart des vertébrés autres que les mammifères, les déchets émergent du gros intestin dans une cavité appelée cloaque, qui reçoit aussi les produits des systèmes urinaires et reproducteur. Chez les mammifères, les produits urogénitaux sont séparés du matériel fécal présent dans le gros intestin. Les fèces passent dans le rectum et sont expulsées par l'anus.

Les organes digestifs accessoires comprennent le foie, qui produit la bile, un liquide verdâtre qui émulsifie les graisses, la vésicule biliaire, qui met en réserve et concentre la bile, et le pancréas. Celui-ci produit le suc pancréatique contenant des enzymes digestives et du tampon bicarbonate.

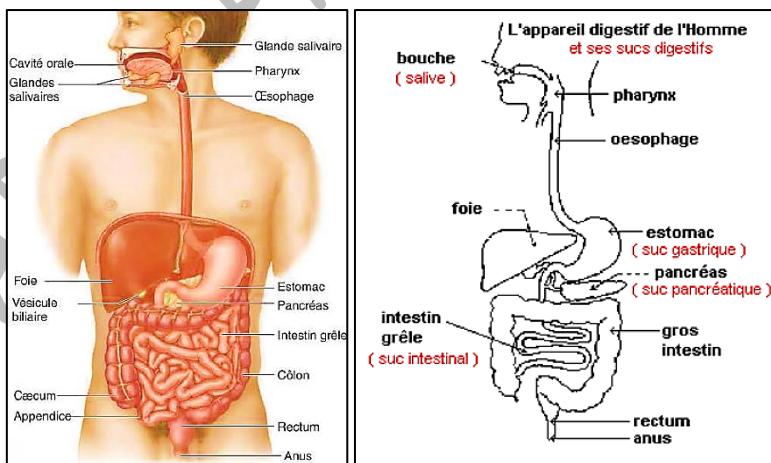


Figure 01. L'appareil digestif humain.

3. Histologie de l'appareil digestif

La paroi du tractus gastro-intestinal comporte plusieurs couches caractéristiques :

- **La muqueuse** : un épithélium qui borde la lumière du tube. Elle a pour rôles : *i)* la sécrétion de mucus et d'enzymes digestives ; *ii)* l'absorption des nutriments et *iii)* la protection contre les microorganismes.
- **La sous muqueuse** : est le tissu conjonctif sous-jacent pourvu de vaisseaux sanguins et lymphatiques.
- **La musculeuse** : adosse la sous-muqueuse et comporte 2 couches de muscles lisses ; dans l'interne, circulaire et, dans l'externe, longitudinale. Elle est responsable des mouvements. Elle s'épaissit à certains

endroits pour former des sphincters. A cela peut s'ajouter le muscle lisse oblique (estomac) ou le muscle strié (œsophage, sphincter anal externe).

- **La séreuse** : couvre la surface externe du tube.

- **des réseaux nerveux**, entrelacés en **plexus** entre les couches musculaires, sont localisés dans la sous-muqueuse et contribuent à la régulation des activités gastro-intestinales.

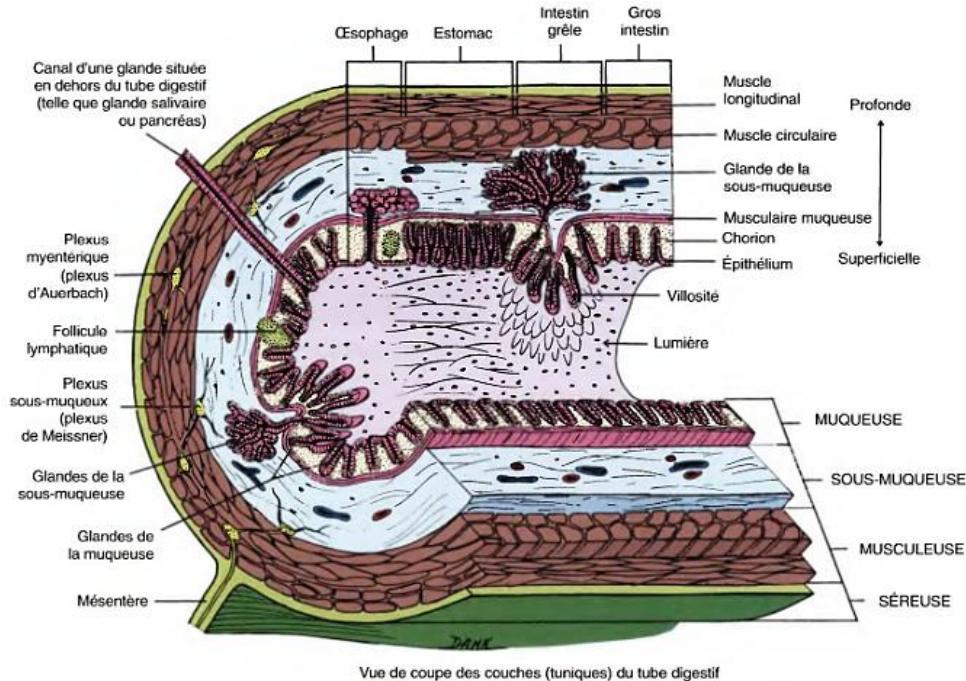


Figure 02. Histologie de l'appareil digestif humain.

4. La digestion chez l'homme

4.1. Transit alimentaire dans l'appareil digestif

La bouche

Dans la bouche les aliments sont mastiqués, réduits en petits morceaux par les dents et, imprégnés de salive et humidifiés. Ce mélange de bouchées s'appelle le bol alimentaire. Il est poussé par les mouvements de la langue vers le fond de la bouche pour être avalé.

L'œsophage

C'est un tube creux qui relie la bouche à l'estomac. Dans la partie supérieure, le pharynx oriente et contrôle le passage des aliments. Ceux-ci descendent pendant une quinzaine de secondes dans l'œsophage par péristaltisme. A la base, un clapet s'ouvre sur l'estomac.

L'estomac

L'estomac est une poche entourée de muscles épais et puissants. Dans ce réservoir, le bol alimentaire est brassé pendant 3 ou 4H. Le malaxage réduit les aliments en bouillie. En même temps, les cellules de la paroi interne de l'estomac, sécrètent les sucs gastriques (HCL et enzymes). Ces sécrétions pouvant atteindre 2 L/24H provoquent une dégradation chimique du bol alimentaire dans un milieu très acide.

L'intestin grêle

Cet intestin est un tube replié dans l'abdomen qui mesure 7 mètres de long chez un adulte. On distingue 3 segments dans ce tube: le duodénum (≈ 50 cm), le jéjunum (≈ 5 m) et l'iléon (≈ 1 m). C'est dans l'intestin grêle que se déroule la partie la plus importante de la digestion. A la sortie de l'estomac, les cellules de l'intestin sécrètent le suc intestinal et le duodénum reçoit les sucs digestifs provenant du pancréas et de

la vésicule biliaire. Les réactions chimiques de ces enzymes avec le chyme produisent les nutriments. Ces éléments passent dans le sang : c'est le phénomène d'absorption. La fine paroi intestinale interne est entièrement recouverte de microvillosités richement vascularisées. Elle offre ainsi une grande surface d'absorption.

Le gros intestin

Le gros intestin mesure 1,5 mètre de long. Il fait suite à l'intestin grêle. Ce qui n'a pas été absorbé parvient dans le colon qui renferme des milliards de bactéries. Cette flore intestinale permet la fermentation des aliments non digérables. Cette réaction produit des gaz et la réabsorption de l'eau permet la formation des matières fécales qui sont rejetées au niveau de l'anus.

4.2. Transformations chimiques des aliments

Les transformations chimiques des aliments nécessitent trois réactions:

- les protides ou protéines (polypeptides) sont fragmentés en acides aminés.
- les lipides ou graisses (glycérol + acide gras) sont émulsionnés et convertis en acides gras.
- les glucides ou sucres (polysaccharides) sont transformés en sucres simples assimilables comme le glucose (monosaccharides).

Les sucs digestifs et leurs enzymes.

Une enzyme est une protéine capable de déclencher une réaction chimique sans modifier les produits finaux. Ce sont des catalyseurs biologiques fabriqués par les êtres vivants. Le rôle des enzymes digestives est de découper les aliments en substances de plus en plus petites : elles favorisent une hydrolyse c'est-à-dire, une décomposition sous l'action de l'eau. Les enzymes digestives sont donc des hydrolases.

La salive

L'homme produit environ 1,5 litre/jour de salive contenant une enzyme appelée amylase. Elle a une action chimique sur l'amidon (polysaccharide) qu'elle scinde en deux sucres plus simples (Disaccharides : dextrine et maltose).

Hydrolyse enzymatique de l'amidon : $n (C_6 H_{10} O_5) + n H_2O \rightarrow n (C_{12} H_{22} O_{11})$

Les sucs gastriques

Le brassage actif des aliments dans l'estomac conduit à la formation d'une bouillie alimentaire, le chyme, contenant des éléments solides de 1 mm environ. La présence de nourriture dans l'estomac déclenche la sécrétion du suc gastrique et du mucus qui se mélangent au bol alimentaire. Le suc gastrique est un liquide incolore fortement acide (PH = 1) contenant de l'eau, de l'acide chlorhydrique (HCL) et des enzymes : la lipase gastrique agit sur les graisses (agrégation des gouttes), la pepsine découpe les grosses protéines comme l'albumine, la présure fait coaguler les protéines du lait. La pepsine et la présure deviennent actives en milieu acide. Le mucus se dépose sur les parois de l'estomac pour le protéger des acides et des enzymes. Il y a aussi une absorption d'eau, de sels minéraux et les éléments prédigérés passent graduellement dans l'intestin grêle par le pylore à la base de l'estomac.

Les sucs intestinaux.

Dans le duodénum (la partie supérieure de l'intestin grêle), les éléments prédigérés déversés par l'estomac, subissent l'action de 3 sucs digestifs puissants : le suc pancréatique, le suc intestinal et la bile. C'est dans cette partie du tube digestif que se déroule l'étape la plus importante de la digestion chimique et l'hydrolyse complète de la plupart des aliments. Le transit dure environ 5 heures durant lequel il y a absorption des nutriments et réabsorption d'eau.

Le suc intestinal renferme de l'entérokinase qui active des enzymes : des saccharases, des maltases, des lactases et des peptidases.

La première enzyme duodénale, la sécrétine neutralise l'acidité gastrique qui permet l'action digestive du suc pancréatique.

La deuxième enzyme sécrétée est la cholécystokinine (CCK) qui provoque les contractions de la vésicule biliaire, la bile arrive dans le duodénum par le canal cholédoque.

Le suc pancréatique arrive à l'intestin grêle par différents canaux. La sécrétion est stimulée par la consommation de protéines et de graisses. Le pancréas produit environ 2 litres de suc par jour. Ce liquide incolore au PH neutre est le plus important pour la digestion. Il contient plusieurs enzymes : deux protéinases (la trypsine et la chymotrypsine) découpent les protéines, une lipase décompose les graisses, l'amylase achève l'hydrolyse de l'amidon en maltose qui sera ensuite transformé en sucres simples assimilables (glucose et fructose).

La bile est synthétisée par le foie et stockée dans la vésicule biliaire. La présence de graisse dans l'estomac et dans le duodénum provoque la sécrétion de bile dans l'intestin grêle.

Les sels biliaires (glycocholate et taurocholate de sodium) jouent un rôle important dans la digestion et l'absorption des graisses. En se combinant avec les lipides, la bile forme des micelles solubles dans le sang. Sans la bile les lipides ne sont pas digérés.

La flore bactérienne

Le gros intestin ne produit pas d'enzymes mais renferme une flore bactérienne très importante et variée qui participe à la digestion. Ces bactéries transforment l'urée en ammoniac et participent à la fermentation des glucides non absorbés au niveau de l'intestin grêle. Dans cette partie terminale du tube digestif, il y a une absorption de l'eau qui provoque une concentration des matières fécales.

Après cette déshydratation des selles, il ne reste que les substances non digérées et la cellulose au niveau du colon.

La digestion des glucides.

La digestion des glucides commence dans la bouche et se poursuit dans l'intestin. L'amidon insoluble dans l'eau est découpé par l'amylase salivaire puis par l'amylase pancréatique pour produire des disaccharides (maltose.). Ces sucres sont encore dégradés dans l'intestin pour former du glucose soluble (monosaccharide). Il est absorbé par les cellules intestinales et passe directement dans la circulation sanguine. D'autres sucres comme le lactose et le saccharose, présents dans notre alimentation, sont dégradés au cours de la digestion.

Les fibres alimentaires sont aussi constituées de sucres complexes. Le principal constituant est la cellulose mais l'homme ne possède pas l'enzyme, la cellulase, pour la dégrader. Les fibres fermentent au niveau du gros intestin en produisant des gaz, des acides gras volatils nécessaires au bon état de l'intestin et elles facilitent le transit des selles.

La digestion des protéines.

La dégradation chimique des protéines débute dans l'estomac. Grâce à l'acidité, les tissus conjonctifs autour de la viande sont dissous et la pepsine, une enzyme protéase, débite les grosses molécules protéiques en peptides. En sortant de l'estomac, ces peptides sont hydrolysés dans le duodénum par les enzymes du suc pancréatique : les peptidases découpent les peptides en acides aminés ou peptides plus

petits. La caséine par exemple est une protéine du lait. Elle est hydrolysée par la trypsine, la pepsine et la chymotrypsine en polypeptides qui sont à leur tour hydrolysés en acides aminés par les peptidases.

La digestion des lipides.

Les lipides de l'alimentation humaine sont en grande partie constitués de triglycérides, de phospholipides et de stérols. Les lipides ont la propriété d'être hydrophobes (très peu solubles dans l'eau). Leur absorption au niveau de la barrière intestinale est résolue de manière particulière : ils doivent être émulsionnés (comme les gouttes d'huile dans une vinaigrette) pour être assimilées par l'organisme. Dans le duodénum, la digestion permet de former des micelles (gouttelettes minuscules de 0,5 micron en suspension dans le milieu aqueux du tube digestif). Cette émulsion est amorcée par brassage mécanique et les sels biliaires assurent la formation complète des micelles de triglycérides. Les lipases et les phospholipases produites par le pancréas hydrolysent ensuite les lipides avec un maximum d'efficacité. La réaction catalysée par la lipase se fait par étapes :



Les monoglycérides, sous l'action de la lipase, se décomposent en glycérol et en acide gras. La digestion des lipides aboutit dans l'intestin à un mélange de *monoglycérides*, de *di* et de *triglycérides* non encore complètement hydrolysés, de *glycérol*, *d'acides gras*, de *phospholipides* et de *cholestérol*. Lorsqu'elles sont suffisamment petites, les micelles sont absorbées par les parois de l'intestin.

L'absorption des nutriments

L'intestin grêle est l'organe principal de l'absorption des nutriments. Ce processus est facilité par la longueur de l'intestin grêle et par les villosités qui développent une surface d'échange très importante estimée à plus de 250 m².

Un réseau très dense de vaisseaux sanguins et lymphatiques est présent dans les microvillosités. Les cellules de la paroi intestinale permettent le passage des produits de la digestion vers le milieu interne de l'organisme.

L'absorption peut se faire de manière spécifique vers le système sanguin ou vers le système lymphatique. Le sang draine tous les nutriments hydrosolubles comme les minéraux, les vitamines, les sucres simples, les acides aminés, le glycérol, les acides gras à chaîne courte. Les vaisseaux lymphatiques transportent les molécules liposolubles.

Le passage des différents éléments se fait soit par transport passif, par diffusion, par transport actif, grâce à des protéines transmembranaires spécialisées ou par endocytose.

Les sels minéraux et les vitamines indispensables ne subissent aucune transformation. Ils sont absorbés intacts et passent dans le sang. Une grande quantité d'eau est nécessaire pour la digestion : 7 L d'eau doivent circuler chaque jour dans le tube digestif. L'homme boit en moyenne 1,5 L/jour et les selles en contiennent peu (0,1 litre) ; une grande partie est réabsorbée et réutilisée dans les processus digestifs.

Chapitre 6. Système nerveux

I- Organisation du système nerveux :

Le système nerveux est un système complexe dont le fonctionnement de base est électrique. Selon des considérations anatomiques, physiologiques ou fonctionnelles, on décrit:

Le système nerveux central (encéphale, tronc cérébral, cervelet, moelle épinière) et **le système nerveux périphérique** (nerfs crâniens et nerfs rachidiens) 12 paires de nerfs crâniens et 31 paires de nerfs rachidiens (spinaux).

Le **système nerveux cérébrospinal** qui gère la vie de relation avec le milieu extérieur, et le **système nerveux végétatif autonome** qui régule le milieu intérieur.

Une **fonction motrice** conduite par un influx centrifuge, et une **fonction sensitive** conduite par un influx centripète.

II- Anatomie du système nerveux :

II-1- Anatomie du système nerveux central :

Le système nerveux central est protégé par son contenant, osseux: crâne et rachis.

Il comprend le cerveau, le tronc cérébral, le cervelet, la moelle épinière.

Son organisation comprend systématiquement de la **substance grise** (les noyaux des neurones) et de la **substance blanche** (les axones).

II-1-1- Anatomie cerveau :

Architecture externe :

Deux hémisphères cérébraux ayant chacun quatre lobes: **frontal, pariétal, temporal, occipital**.

Chaque hémisphère comprend trois faces: **face externe** (qui comprend trois scissures: de Sylvius, de Rolando, perpendiculaire externe), la **face interne**, la **face inférieure**.

Les hémisphères sont reliés entre eux par les commissures inter hémisphériques:

- Corps calleux: lame de substance blanche de 8 cm de long.
- Trigone cérébral: sous le corps calleux.
- Commissure blanche antérieure.
- Commissure blanche postérieure.

• Architecture interne :

- La substance grise: située à deux endroits:

Au niveau du cortex cérébral: c'est l'écorce du cerveau, avec ses circonvolutions, lobes et scissures.

Au niveau des noyaux gris centraux: le thalamus (1 dans chaque hémisphère; ils délimitent le 3^e ventricule) et le corps strié (noyau caudé et noyau lenticulaire).

- La substance blanche:

C'est tout ce qui n'est pas substance grise, organisé en fibres intra hémisphériques, et fibres inter hémisphériques qui forment les commissures inter hémisphériques.

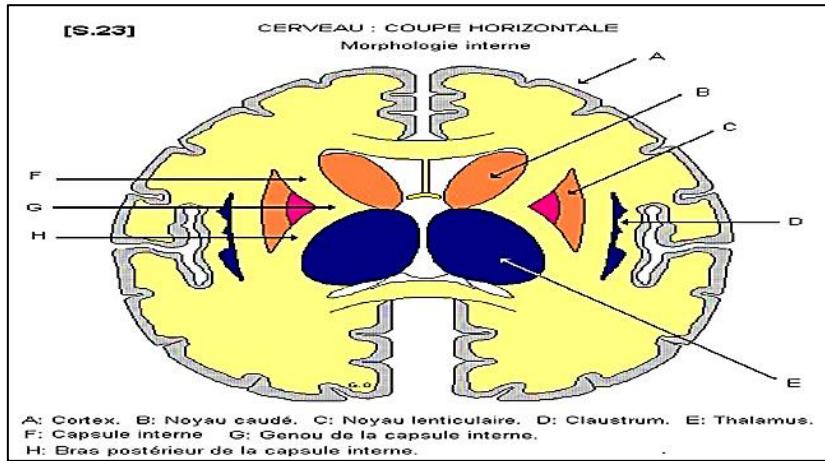


Figure 1 : Anatomie du cerveau (morphologie interne).

II-1-2-Anatomie tronc cérébral:

- C'est à partir du tronc cérébral que naissent les **nerfs crâniens**.
- Le tronc cérébral comprend 3 parties superposées:

Les **pédoncules cérébraux (mésencéphale)** à la partie supérieure, délimitant un espace triangulaire: **Le 4^e ventricule**.

- La **protubérance annulaire (pont)** à la partie moyenne.
- Le **bulbe rachidien (moelle allongée)** à la partie inférieure.

II-1-3- Anatomie du cervelet :

Il est situé à l'étage inférieur du crâne, en arrière du bulbe et de la protubérance (fosse postérieure). Il est rattaché:

au tronc cérébral par les pédoncules cérébelleux moyens;
à l'encéphale par les pédoncules cérébelleux supérieurs;
à la moelle par les pédoncules cérébelleux inférieurs.

Le cervelet comprend 2 hémisphères cérébelleux et une partie centrale

La **substance grise** est située au niveau du cortex cérébelleux (en superficie) et dans les noyaux gris centraux (4 paires). La **substance blanche** est centrale, décrite comme « l'arbre de vie».

II-1-4-Anatomie de la moelle épinière :

II-1-4-1- Configuration externe :

Elle a la forme d'un cylindre contenu dans le canal médullaire, jusqu'au niveau de la deuxième vertèbre lombaire, puis se prolonge par un cordon fibreux (la queue de cheval) en dessous de L2.

A chaque étage naissent de chaque côté 2 racines:

Une **antérieure motrice** et une **postérieure sensitive**.

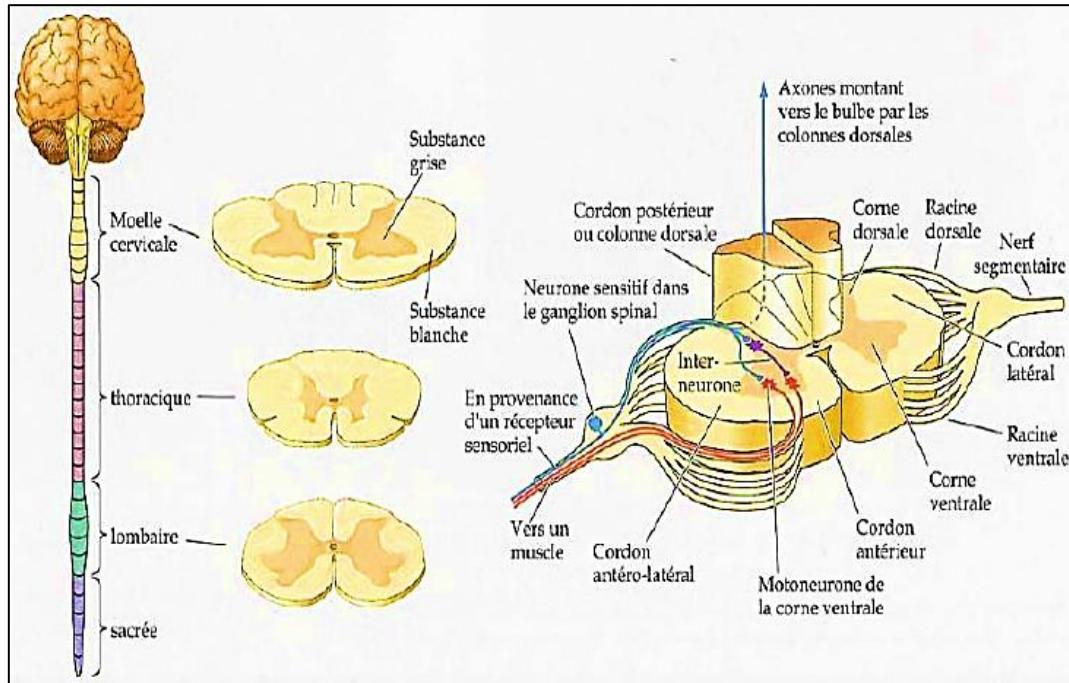


Figure 2 : anatomie de la moelle épinière.

II-1-4-1- Configuration interne :

La substance grise est centrale, en forme de H, creusée par le canal de l'épendyme.

La **substance blanche** est périphérique.

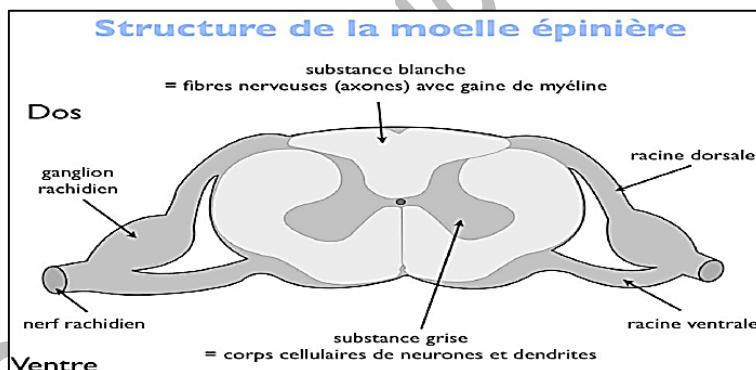


Figure 3 : structure de la moelle épinière.

II-1-5-Anatomie des méninges :

Les méninges sont les membranes qui entourent le système nerveux central. Elles comprennent trois enveloppes:

- **La dure mère**
- **L'arachnoïde**
- **La pie mère**

III- Vascularisation du système nerveux :

La moelle est vascularisée par les artères vertébrales.

Le cerveau est vascularisé par les branches des artères carotides et vertébrales.

Chaque zone déterminée est vascularisée par une artère. Tout arrêt de la circulation sanguine dans un secteur entraîne la destruction des cellules.

Chacune des deux artères carotides internes (branches externes des artères carotides primitives) donne naissance à une artère cérébrale antérieure et une artère cérébrale moyenne.

Les deux artères vertébrales fusionnent pour former le tronc basilaire; de ce tronc basilaire naissent les artères cérébrales postérieures.

Une artère communicante antérieure relie les deux artères cérébrales antérieures.

Les artères communicantes postérieures relient chacune l'artère carotidienne interne et l'artère cérébrale postérieure.

Ce système d'anastomose constitue **le Polygone de Willis**, ou cercle artériel.

C'est un système de suppléance vasculaire, permettant au cerveau de recevoir du sang artériel même si une artère du cou est lésée ou bouchée.

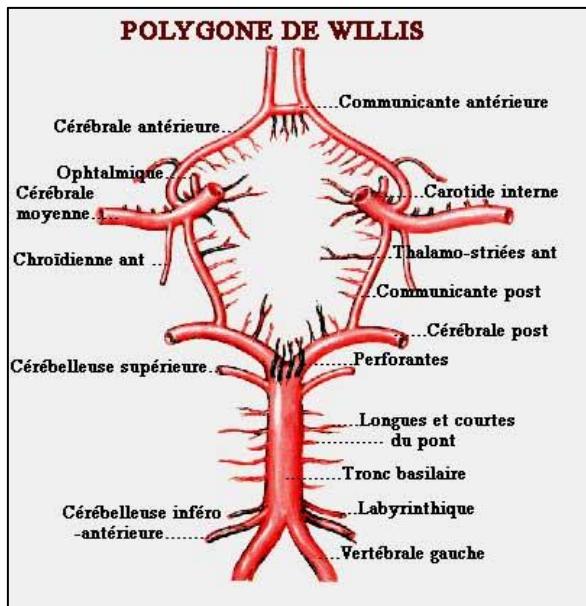


Figure 4 : Le Polygone de Willis.

IV- Le tissu nerveux :

Il existe deux types de cellules nerveuses:

A- Le neurone

B - les cellules gliales:

- Oligodendrocytes

- Astrocytes

IV-1- Le neurone :

Cellule responsable de la genèse (création), du traitement et de la propagation des informations.

Le neurone est une cellule communicante : chaque neurone reçoit des informations de 100000 neurones et envoie des informations vers 100000 neurones.

Le neurone a une forme particulière : nombreux prolongements, un **axone** (qui se ramifie), de nombreuses **dendrites**

Un neurone ne se divise pas.

La substance grise est la zone où se trouvent les corps cellulaires.

La substance blanche : prolongements.

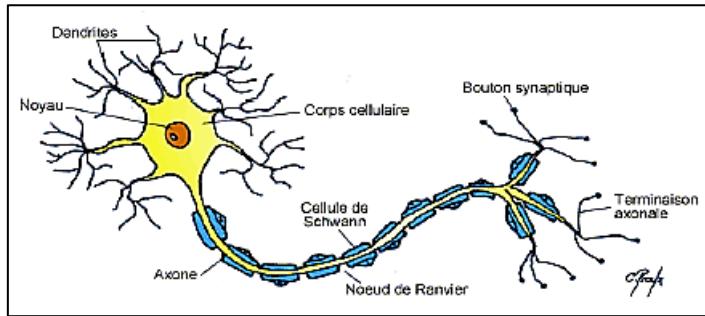


Figure 5 : Le neurone

Milliards de neurones interconnectés qui élaborent la pensée.

Certaines aires (primaires) sont spécialisées dans les fonctions motrices, sensitives, visuelles, auditives.

A proximité s'étendent des régions moins bien délimitées: les aires secondaires, centres d'intégration psychique (identification et reconnaissance).

IV-2- Le potentiel de repos du neurone :

Les neurones sont délimités par une membrane.

La concentration en ions (notamment Na^+ , Cl^- , K^+) n'est pas la même de part et d'autre de la membrane.

Cette différence de concentration va créer un **potentiel de repos**, c'est-à-dire une tension.

Le potentiel de repos est de -70 mV .

L'ouverture des **canaux dans la membrane** va permettre les échanges d'ions entre les deux côtés de la membrane, et donc modifier le potentiel :

- **dépolarisation**

Si la dépolarisation est suffisamment importante, création d'un **potentiel d'action** : vague de dépolarisation qui se propage.