



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université d'Oran des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf USTO-MB

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département du Vivant et de L'environnement

## Cours de Physiologie des Grandes Fonctions

---

A l'usage des étudiants de 3ème Année Licence

Nutrition Alimentation et Pathologie

Présentée par : Dr. Brahim Amina Cherifa

2016 - 2017

# **Physiologie des Grandes Fonctions**

## **- Contenu de la matière**

### **I- Sang**

- 1- Compartiment liquide et rôle des éléments figurés.
- 2- Hémostase primaire et secondaire.

### **II- Système nerveux**

- 1-Structure.
- 2-Organisation.
- 3- Fonctions générales.

### **III- Appareil cardiovasculaire**

- 1-Homéostasie au repos et à l'exercice.

### **IV- Appareil respiratoire**

- 1-Anatomie fonctionnelle.
- 2-Mécanismes.
- 3-Homéostasie.

### **V- Appareil urinaire**

- 1-Anatomophysiologie.
- 2- Homéostasie hydrominérale.

## Liste des Figures

<b>Figure 1:</b> Aspect en microscopie optique des globules rouges.....	4
<b>Figure 2:</b> Aspect en microscopie électronique à balayage des globules rouges.....	4
<b>Figure 3:</b> Aspect en microscopie optique des monocytes.....	4
<b>Figure 4:</b> Aspect en microscopie électronique à balayage des monocytes.....	6
<b>Figure 5:</b> Aspect en microscopie optique des lymphocytes.....	6
<b>Figure 6:</b> Aspect en microscopie électronique à balayage des lymphocytes.....	6
<b>Figure 7:</b> Aspect en microscopie optique des polynucléaires.....	9
<b>Figure 8:</b> Aspect en microscopie optique des Neutrophiles.....	9
<b>Figure 9:</b> Aspect en microscopie électronique des Neutrophiles.....	9
<b>Figure 10:</b> Aspect en microscopie optique des Eosinophiles.....	11
<b>Figure 11:</b> Aspect en microscopie électronique des Eosinophiles.....	11
<b>Figure 12:</b> Aspect en microscopie optique des Basophiles.....	11
<b>Figure 13:</b> Aspect en microscopie électronique des Basophiles.....	13
<b>Figure 14:</b> Aspect en microscopie optique des plaquettes.....	13
<b>Figure 15:</b> Formation du thrombus.....	16
<b>Figure 16:</b> Formation du clou hémostatique.....	16
<b>Figure 17:</b> Hémostase secondaire.....	18
<b>Figure 18:</b> Cellule principale du fonctionnement du système nerveux.....	21
<b>Figure 19:</b> Composition du cerveau.....	25
<b>Figure 20:</b> Subdivisions du cortex cérébral (Les lobes).....	25
<b>Figure 21:</b> La Moelle Épinière.....	27
<b>Figure 22:</b> Les Méninges.....	27
<b>Figure 23:</b> Bulbe rachidien.....	29
<b>Figure 24:</b> Pont de Varole.....	29
<b>Figure 25:</b> Hypothalamus.....	31
<b>Figure 26:</b> Système Nerveux périphérique, système nerveux central.....	31
<b>Figure 27:</b> Le Système Nerveux Sympathique.....	33
<b>Figure 28:</b> Localisation du cœur.....	35
<b>Figure 29:</b> L'anatomie du cœur.....	35

<b>Figure 30:</b> Le cœur droit et le cœur gauche.....	36
<b>Figure 31:</b> Les principales Veines, Arteres, Valvules du cœur.....	40
<b>Figure 32:</b> La circulation pulmonaire et la circulation systémique.....	41
<b>Figure 33:</b> Tissu nodal.....	43
<b>Figure 34:</b> L'électrocardiogramme (ECG).....	44
<b>Figure 35:</b> Le cycle cardiaque.....	45
<b>Figure 36:</b> Les voies respiratoires.....	51
<b>Figure 37:</b> Organe de la phonation (Larynx).....	53
<b>Figure 38:</b> La Trachée.....	53
<b>Figure 39:</b> Les Poumons.....	55
<b>Figure 40:</b> La cage thoracique.....	55
<b>Figure 41:</b> Les feuillets des deux plèvres.....	57
<b>Figure 42:</b> Les centres neurologiques.....	58
<b>Figure 43:</b> Les réflexes de sécurité (La déglutition).....	59
<b>Figure 44:</b> L'inspiration.....	62
<b>Figure 45:</b> L'expiration.....	63
<b>Figure 46:</b> Les échanges alvéolo-capillaires.....	64
<b>Figure 47:</b> La capacité vitale.....	67
<b>Figure 48:</b> Coupe sagittale du rein.....	70
<b>Figure 49:</b> Les voies urinaires.....	70
<b>Figure 50:</b> L'unité fonctionnelle du rein (Néphron).....	71
<b>Figure 51:</b> La Filtration.....	75
<b>Figure 52:</b> Structure de la membrane de filtration.....	75
<b>Figure 53:</b> Formation de l'urine.....	76
<b>Figure 54:</b> Mécanisme de la réabsorption obligatoire de l'eau.....	80
<b>Figure 55:</b> L'appareil juxta-glomérulaire.....	81
<b>Figure 56:</b> Mécanisme de l'excrétion minérale.....	83
<b>Figure 57:</b> Régulation de la fonction rénale.....	83

## TABLE DES MATIERES

### Chapitre I Le Sang

<b>I.1. Composition du sang</b> .....	1
<b>I.1.1. Partie liquide → PLASMA</b> .....	1
I.1.1.1. Les principales molécules du soluté du plasma.....	1
<b>I.1.2. Partie solide → Éléments figurés</b> .....	1
I.1.2.1. Les globules rouges.....	2
I.1.2.1.1. Aspect en microscopie optique.....	2
I.1.2.1.2. Aspect en microscopie électronique à balayage.....	3
I.1.2.1.3. Fonction des globules rouges.....	3
I.1.2.2. Les globules blancs.....	3
I.1.2.2.1. Les monocytes.....	3
I.1.2.2.2. Les lymphocytes.....	5
I.1.2.2.2.1. Fonction des lymphocytes.....	5
I.1.2.2.3. Les polynucléaires.....	7
I.1.2.2.4. Neutrophiles.....	7
I.1.2.2.5. Eosinophiles.....	8
I.1.2.2.5.1. Fonction des éosinophiles.....	10
I.1.2.2.6. Basophiles.....	10
I.1.2.2.6.1. Rôle des basophiles.....	12
I.1.2.3. Les plaquettes.....	12
I.1.2.3.1. Fonction des plaquettes.....	12
<b>I.2. L'hémostase</b> .....	14
<b>I.2.1. Définition de l'hémostase</b> .....	14
<b>I.2.2. Mécanisme de l'hémostase</b> .....	14
I.2.2.1. Hémostase primaire.....	14
I.2.2.1.1. Temps vasculaire.....	14
I.2.2.1.2. Temps plaquettaire.....	14
I.2.2.2. Hémostase secondaire.....	15
I.2.2.2.1. La thromboplastinofomation.....	15
I.2.2.2.2. La thrombinofomation.....	17

I.2.2.2.3. La fibrinof ormation.....	17
I.2.2.3. La fibrinolyse.....	17

## **Chapitre II Système Nerveux**

<b>II.1. Structure du système nerveux.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2. Organisation microscopique.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.1. Neurone.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.2. Dendrite.....</b>	<b>20</b>
<b>II.2.3. Axone.....</b>	<b>20</b>
<b>II.2.4. Synapse.....</b>	<b>22</b>
<b>II.2.5. Cellule gliale.....</b>	<b>22</b>
<b>II.3. Système Nerveux Central (SNC) .....</b>	<b>23</b>
<b>II.3.1. Cerveau.....</b>	<b>23</b>
II.3.1.1. Composition du cerveau.....	23
II.3.1.1.1. La matière blanche.....	23
II.3.1.1.2. Matière grise.....	24
II.3.1.2. Subdivisions du cortex cérébral (Les lobes).....	24
II.3.1.2.1. Lobe occipital.....	24
II.3.1.2.2. Lobe temporal.....	24
II.3.1.2.3. Lobe pariétal.....	24
II.3.1.2.4. Lobe frontal.....	24
<b>II.3.2. Tronc cérébral.....</b>	<b>24</b>
<b>II.3.3. La moelle épinière.....</b>	<b>26</b>
II.3.3.1. Le liquide céphalorachidien.....	26
<b>II.3.4. Cervelet.....</b>	<b>26</b>
II.3.4.1. Troubles du cervelet.....	26
<b>II.3.5. Bulbe rachidien.....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.6. Pont de Varole.....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.7. Hypothalamus.....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.8. Thalamus.....</b>	<b>28</b>
<b>II.3.9. Corps calleux.....</b>	<b>30</b>

<b>II.4. Le système nerveux périphérique (SNP)</b> .....	30
<b>II.4.1. Organisation fonctionnelle</b> .....	30
II.4.1.1. Système Somatique.....	30
II.4.1.2. Système Autonome.....	30
II.4.1.2.1. Le système nerveux sympathique.....	32
II.4.1.2.2. Système nerveux parasympathique.....	32
<b>II.5. Les fonctions du système nerveux</b> .....	32
<b>II.6. Responsabilités du système nerveux</b> .....	32

## Chapitre III Appareil cardiovasculaire

<b>III.1. Physiologie cardiaque</b> .....	34
<b>III.1.1. Le cœur</b> .....	34
III.1.1.1. L'anatomie du cœur.....	34
III.1.1.1.1. L'anatomie du cœur : les oreillettes.....	37
III.1.1.1.2. L'anatomie du cœur : les ventricules.....	37
III.1.1.1.3. L'anatomie du cœur : les valves.....	37
III.1.1.2. La physiologie du cœur.....	37
<b>III.1.2. Les vaisseaux sanguins</b> .....	38
III.1.2.1. Les artères.....	38
III.1.2.1.1. Les principales artères du corps : L'aorte.....	38
III.1.2.2. Les veines.....	38
III.1.2.2.1. Les principales veines du corps.....	39
III.1.2.3. Les capillaires.....	39
<b>III.2. La circulation</b> .....	39
<b>III.3. Propriétés du myocarde</b> .....	39
<b>III.3.1. Tissu nodal et automatisme cardiaque</b> .....	39
<b>III.3.2. Le potentiel d'action cardiaque</b> .....	42
III.3.2.1. L'électrocardiogramme.....	42
III.3.2.2. Le cycle cardiaque.....	42
<b>III.3.3. Phénomènes régulateurs</b> .....	46
III.3.3.1. Régulation intrinsèque.....	46

III.3.3.2. Régulation extrinsèque.....	46
III.3.3.2.1. Rythme cardiaque et système parasympathique.....	47
III.3.3.2.2. Rythme cardiaque et système sympathique.....	47
<b>III.4. Pression artérielle et système cardiaque.....</b>	<b>48</b>

## **Chapitre IV Appareil respiratoire**

<b>IV.1. Appareil respiratoire.....</b>	<b>49</b>
<b>IV.1.1. Voies respiratoires.....</b>	<b>49</b>
IV.1.1.1. Fosses nasales.....	49
IV.1.1.1.1. Rôles des Fosses nasales.....	49
IV.1.1.2. Pharynx.....	49
IV.1.1.2.1. Rôles du Pharynx.....	50
IV.1.1.3. Larynx.....	50
IV.1.1.3.1. Rôle du Larynx.....	50
IV.1.1.4. Trachée.....	50
IV.1.1.4.1. Rôles de la trachée.....	52
<b>IV.1.2. Bronches et bronchioles.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.1.3. La zone d'échange.....</b>	<b>52</b>
IV.1.3.1. Poumons.....	52
IV.1.3.2. Alvéole pulmonaire.....	54
<b>IV.1.4. La cage thoracique.....</b>	<b>54</b>
IV.1.4.1. Grill costal.....	54
IV.1.4.2. Diaphragme.....	54
IV.1.4.3. Plèvre.....	56
<b>IV.2. Les centres neurologiques.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2.1. Bulbe rachidien.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2.2. Voies nerveuses.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.3. Les réflexes de sécurité.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.3.1. La déglutition.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.3.2. La toux.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.4. La physiologie du système respiratoire.....</b>	<b>60</b>

<b>IV.4.1. La ventilation pulmonaire (respiration)</b> .....	60
<b>IV.4.2. La respiration externe</b> .....	60
<b>IV.4.3. Le transport des gaz respiratoires</b> .....	61
<b>IV.4.4. La respiration interne</b> .....	61
<b>IV.4.5. La mécanique de la ventilation</b> .....	61
IV.4.5.1. Inspiration.....	61
IV.4.5.2. Expiration.....	61
<b>IV.5. Les échanges alvéolo-capillaires</b> .....	61
<b>IV.5.1. Oxygène</b> .....	61
<b>IV.5.2. Gaz carbonique</b> .....	61
<b>IV.6. La régulation respiratoire</b> .....	65
<b>IV.6.1. Gaz carbonique</b> .....	65
<b>IV.6.2. Oxygène</b> .....	65
<b>IV.6.3. Autres stimulations</b> .....	65
<b>IV.7. Facteurs influençant la performance respiratoire</b> .....	65
<b>IV.7.1. Capacité pulmonaire</b> .....	65
<b>Chapitre V Appareil urinaire</b>	
<b>V.1. Anatomie de l'appareil urinaire</b> .....	68
<b>V.1.1. Le Rein</b> .....	68
<b>V.1.2. Les voies urinaires</b> .....	68
V.1.2.1. L'uretère.....	68
V.1.2.2. La vessie.....	68
V.1.2.3. L'urètre.....	68
<b>V.2. Néphrons</b> .....	69
<b>V.2.1. Les types de néphrons selon la localisation du corpuscule rénal</b> .....	72
<b>V.2.2. Le corpuscule renal</b> .....	72
V.2.2.1. Structure du corpuscule rénal.....	72
<b>V.2.3. Le filtre glomérulaire</b> .....	73
<b>V.2.4. Formation de l'urine primitive</b> .....	73
<b>V.2.5. Les tubules rénaux</b> .....	74
V.2.5.1. Tubule contourne proximal.....	77

V.2.5.2. Anse de Henle.....	77
V.2.5.3. Tubule intermédiaire.....	77
V.2.5.4. Tubule droit distal.....	78
V.2.5.5. Tubule contourne distal.....	78
<b>V.3. Comment l'insuffisance rénale tue.....</b>	<b>78</b>
<b>V.4. La fonction exocrine du rein.....</b>	<b>78</b>
<b>V.5. La fonction endocrine du rein.....</b>	<b>79</b>
<b>V.6. L'homéostasie.....</b>	<b>79</b>
<b>V.6.1. Régulation de la fonction rénale.....</b>	<b>79</b>
<b>V.6.2. Mécanisme de la réabsorption obligatoire de l'eau.....</b>	<b>79</b>
<b>V.7. La Rénine.....</b>	<b>82</b>
<b>Références.....</b>	<b>84</b>

# Chapitre I

## Le Sang

## I.1. Composition du sang

Le sang est composé de cellules sanguines en suspension dans le plasma. L'ensemble est contenu dans les vaisseaux sanguins. Le volume total du sang d'un adulte humain est de 5 litres.

### I.1.1. Partie liquide → 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.

Il faut encore le distinguer du sérum sanguin, liquide issu d'un caillot sanguin rétracté, dont la composition est un peu différente de celle du plasma sanguin, car dépourvu en particulier du fibrinogène.

#### I.1.1.1. Les principales molécules du soluté du plasma

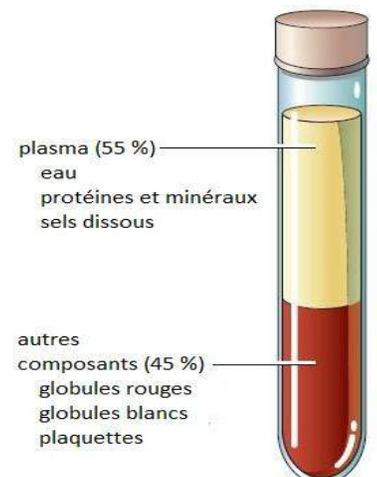
(le solvant étant l'eau qui est la principale composante du sang) sont :

- Le glucose.
- Les lipides.
- Les protéines (qui peuvent être séparées par électrophorèse en plusieurs pics, albumine,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) dont les principales sont :
  - ✓ L'albumine, rôle, dans la pression oncotique, de transporteur (de bilirubine, d'hormones, de médicaments, d'ions...).
  - ✓ Les immunoglobulines du système immunitaire.
  - des protéines du complément qui ont un rôle majeur dans l'initiation de la réponse immunitaire et de l'inflammation.
  - ✓ Des protéines de la coagulation sanguine (les facteurs de coagulation).

Certains de ces éléments sont des hormones, pouvant être des protéines, des acides aminés modifiés, des stéroïdes, ou des lipides modifiés (dont les prostaglandines et les thromboxanes).

### I.1.2. Partie solide → Éléments figurés

Regroupent les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes sanguines. Ils représentent 45 % du sang.



Les cellules en suspension représentent 45% du volume total, ce qui correspond à l'hématocrite. Leur morphologie peut être étudiée sur un frottis coloré au May Grünwald Giemsa (MGG).

Il existe plusieurs types cellulaires :

- **Les globules rouges ou hématies**

Femmes: 4 à 5 millions globules rouges dans  $1\text{mm}^3$  de sang.

Hommes: 5 à 6 millions globules rouges dans  $1\text{mm}^3$  de sang.

- **Les globules blancs ou leucocytes**

Il y a environ 5 000 à 11 000 globules blancs dans  $1\text{mm}^3$  de sang sain se répartissent en :

- Polynucléaires ou granulocytes : 40 à 80 % des leucocytes.
- Monocytes : 2 à 10% des leucocytes.
- Lymphocytes : 20 à 40 % des leucocytes.
- Les plaquettes : 200 à 400 000 /  $\text{mm}^3$ .

Les éléments figurés du sang ont des durées de vie limitées ; il existe un équilibre dynamique entre leur production (l'hématopoïèse et la lymphopoïèse) et leur destruction. L'hématopoïèse est la production des précurseurs sanguins (prolifération, différenciation et maturation) et se déroule dans les organes hématopoïétiques (moelle osseuse chez l'adulte, foie et rate chez l'embryon). La lymphopoïèse comprend la production des précurseurs lymphoïdes qui se passe au niveau de la moelle osseuse. Elle se termine par la maturation des lymphocytes dans le thymus pour les lymphocytes T et par la prolifération des cellules dans les organes lymphoïdes secondaires. Chez un sujet adulte normal, seuls les éléments matures passent dans le sang périphérique.

### **I .1.2.1. Les globules rouges**

Les globules rouges 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'oxygène et du gaz carbonique entre les alvéoles pulmonaires et les tissus.

#### **I .1.2.1.1. Aspect en microscopie optique**

Il s'agit d'une cellule de 5 à 7  $\mu$  de diamètre d'aspect homogène, coloré en orangé au May Grünwald Giemsa. Son épaisseur est de 1,8  $\mu\text{m}$  (figure 1).

#### **I .1.2.1.2. Aspect en microscopie électronique à balayage**

Ce sont des cellules biconcaves, aplaties au centre ayant un aspect de disque. Elles ne possèdent ni mitochondrie, ni ribosome, ni REG. La membrane plasmique de l'hématie est le siège des antigènes qui déterminent les groupes sanguins (Système ABO, système rhésus et autres systèmes érythrocytaires) qui sont des récepteurs portés par les molécules de glycophorine. Ces cellules ont une durée de vie de 120 jours. Leur production est de  $200 \times 10^9$  nouvelles cellules par jour (figure 2).

#### **I .1.2.1.3. Fonction des globules rouges**

Le transport de l'oxygène et du gaz carbonique se fait par l'intermédiaire de l'hémoglobine. L'hémoglobine est formée de globine, protéine associée à quatre groupements hème. Chaque hème associe un noyau porphyrinique à un atome de fer ferreux. On trouve également dans le sang circulant des réticulocytes, globules rouges jeunes possédant quelques mitochondries et des ribosomes (moins de 1% des globules rouges).

#### **I .1.2.2. Les globules blancs**

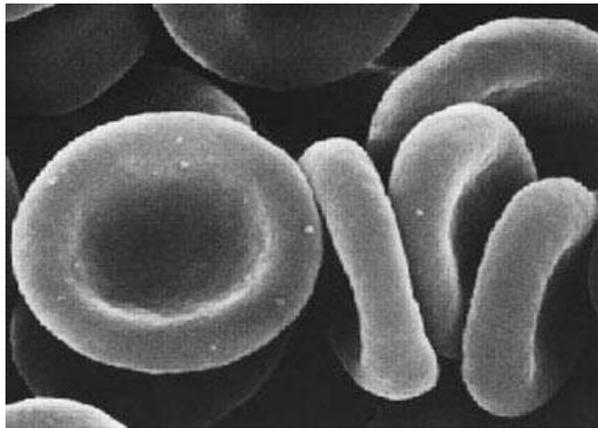
Ces cellules participent aux défenses spécifiques de l'organisme.

##### **I .1.2.2.1. Les monocytes**

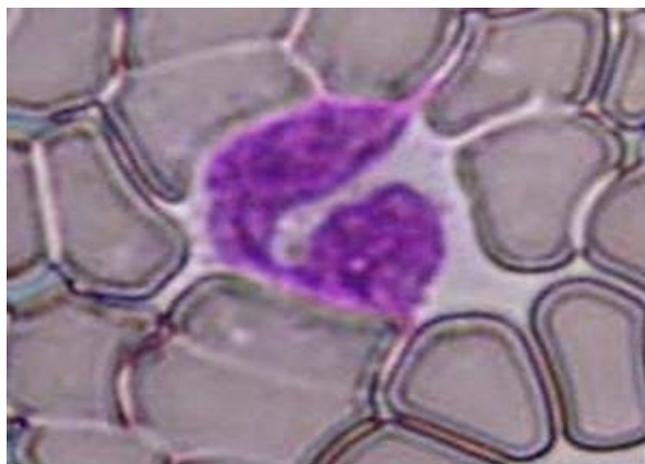
Ces cellules ont une durée de vie dans le milieu sanguin très courte (environ 24 heures). Elles passent ensuite dans les tissus où elles se différencient en macrophages. Elles appartiennent au système mononucléé phagocytaire. En microscopie optique, elles apparaissent arrondies, ayant un diamètre de 15 à 20 $\mu$ m. Le cytoplasme est gris bleuté (ciel d'orage) au MGG et a un aspect un peu granuleux. Il existe en périphérie des voiles cytoplasmiques, visibles en microscopie optique. Le noyau est central, en fer à cheval ou en E (figure 3).



**Figure 1 : Aspect en microscopie optique des globules rouges**



**Figure 2 : Aspect en microscopie électronique à balayage des globules rouges**



**Figure 3 : Aspect en microscopie optique des monocytes**

En microscopie électronique, la chromatine est fine, les organites bien développés et situés dans l'encoche du noyau. Il existe de nombreuses granulations azurophiles, de petite taille correspondant à des lysosomes. La membrane plasmique est irrégulière avec de nombreuses expansions et microvillosités. Les monocytes représentent 2 à 10 % de l'ensemble des globules blancs (figure 4).

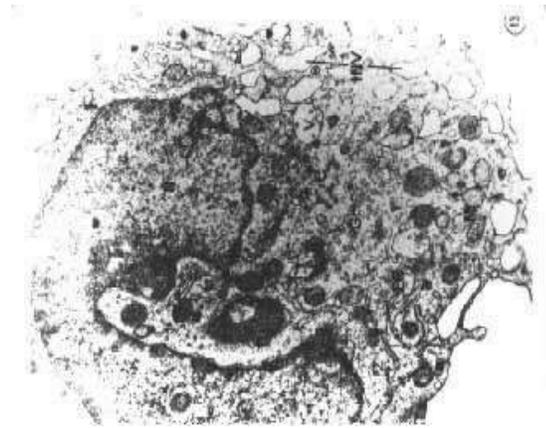
#### **I .1.2.2.2. Les lymphocytes**

Ce sont des cellules mononucléées, au rapport nucléo / cytoplasmique élevé. Leur durée de vie est variable, certains lymphocytes mémoires peuvent avoir une durée de vie très longue. En microscopie optique, ce sont des cellules de petites tailles, environ 7 µm de diamètre avec un noyau occupant la quasi totalité de la cellule. Leur forme est régulière et arrondie. Il existe une petite frange cytoplasmique périphérique d'aspect mauve au MGG. Le noyau est sphérique, dense (figure 5).

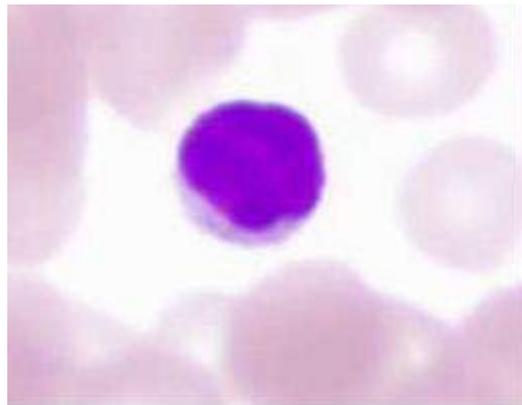
En microscopie électronique à transmission, la chromatine est dense, il n'existe pas de nucléole. Le cytoplasme est pauvre en organites (quelques ribosomes et un ergoplasme réduit),(figure 6). Tous les lymphocytes sont semblables sur le plan morphologiques mais il existe plusieurs groupes de lymphocytes mis en évidence par des marqueurs antigéniques de membrane : les lymphocytes B et les lymphocytes T, dont la maturation se fait au niveau du thymus. On décrit également un troisième groupe apparenté aux lymphocytes T : Les cellules NK ou Natural Killer. La population lymphocytaire sanguine comprend 8 à 12 % de lymphocytes B, 70 à 80 % de lymphocytes T et 5 à 15 % de cellules NK.

##### **I .1.2.2.2.1. Fonction des lymphocytes**

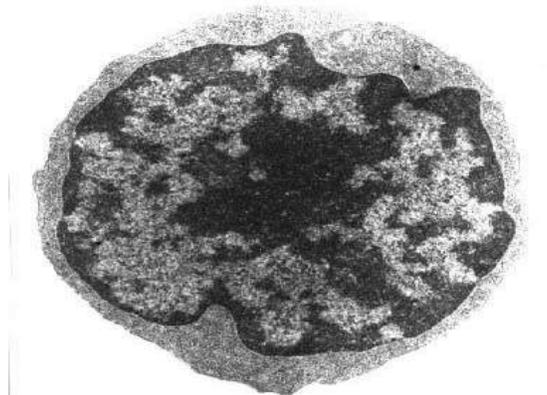
Ces cellules sont responsables des réponses spécifiques immunitaires. Les lymphocytes B effectuent leur différenciation dans la moelle osseuse (organe lymphoïde primaire). Ils sont responsables de l'immunité humorale et peuvent fabriquer les anticorps ou immunoglobines après présentation de l'antigène par une cellule présentatrice d'antigène (macrophages, cellules folliculaires, cellules dendritiques). Les lymphocytes B possèdent des immunoglobulines de membrane qui constituent le marqueur phénotypique de ces cellules.



**Figure 4 Aspect en microscopie électronique à balayage des monocytes**



**Figure 5 : Aspect en microscopie optique des lymphocytes**



**Figure 6 : Aspect en microscopie électronique à balayage des lymphocytes**

La fabrication des anticorps se fait au niveau des organes lymphoïdes secondaires où les lymphocytes se transforment en plasmocytes. Les lymphocytes T acquièrent leur différenciation au niveau du thymus (organe lymphoïde primaire).

Les lymphocytes T matures expriment le récepteur de membrane CD3. Parmi ces lymphocytes matures, on distingue plusieurs groupes caractérisés par la présence d'autres récepteurs de membrane :

Les CD4 ou T helpers qui reconnaissent l'antigène en association avec les molécules HLA de classe II (représentent environ la moitié des T).

Les CD8 ou T suppresseurs ou cytotoxiques qui reconnaissent l'antigène en association avec les molécules HLA de type I (de 20 à 30 % des T).

Les lymphocytes T participent à la réponse immunitaire humorale en stimulant ou en freinant la production d'anticorps par les lymphocytes B mais sont également impliqués dans l'immunité cellulaire et secrètent des cytokines ou lymphokines.

#### **I.1.2.2.3. Les polynucléaires**

Ce groupe de cellules possède des caractéristiques communes. Elles contiennent un noyau plurilobé (figure 7). Les lobes sont reliés les uns aux autres par des ponts fins de chromatine. Dans le cytoplasme, il existe deux types de granulations : des granulations non spécifiques primaires, riches en hydrolases et en peroxydases, communes à l'ensemble des polynucléaires et des granulations secondaires spécifiques à chaque groupe ayant des propriétés tinctoriales différentes. Dans la cellule mature, les granulations non spécifiques diminuent.

#### **I.1.2.2.4. Neutrophiles**

Ce sont les polynucléaires les plus nombreux - 40 à 75 % de l'ensemble des globules blancs. Leur durée de vie est de l'ordre de 24 heures. Leurs granulations spécifiques sont neutrophiles.

En microscopie optique, ce sont des cellules d'environ 12 µm de diamètre, le noyau est généralement trilobé mais le nombre de lobes varie de 2 à 5 lobes et est un indice de maturation de la cellule (figure 8). La formule d'Arneht est la répartition des polynucléaires neutrophiles en fonction du nombre de lobes. Le cytoplasme apparaît clair, non colorable au MGG. En effet, les

granulations azurophiles ne sont colorables que par la mise en évidence spécifique de la myéloperoxydase.

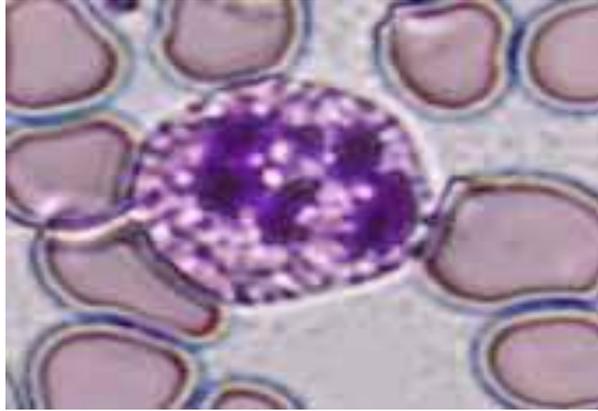
En microscopie électronique, le noyau a une chromatine dense, le cytoplasme contient deux types de granulations : les granulations non spécifiques ou primaires, azurophiles qui renferment une myéloperoxydase, des hydrolases acides et du lysosyme et des granulations spécifiques secondaires, neutrophiles, de petite taille (0,3 à 0,8  $\mu\text{m}$ ) éparses dans le cytoplasme. Ces granulations sont dépourvues d'enzymes lysosomiales et de peroxydases mais contiennent du lysosyme et de la collagénase. Il existe en périphérie de la cellule une bande riche en filaments d'actine (figure 9).

La fonction de ces neutrophiles est la défense non spécifique de l'organisme et notamment la lutte anti-bactérienne. Cette fonction est permise par les propriétés des neutrophiles :

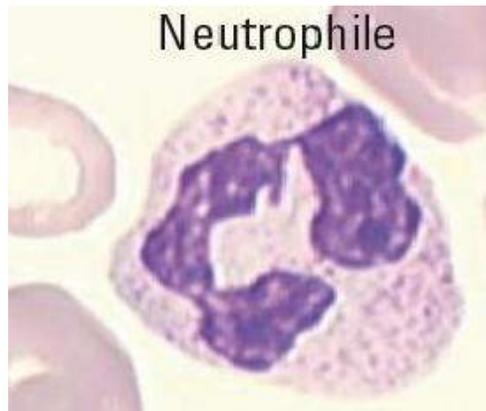
Les phénomènes de diapédèse leur permettent de quitter le milieu sanguin en passant entre les cellules endothéliales. Ces phénomènes sont assurés grâce à des cytokines sécrétées sur le lieu de l'infection, notamment l'interleukine 8 (IL-8) qui active les polynucléaires neutrophiles et par les molécules d'adhésion qui apparaissent à la surface du polynucléaire et se lient à leur ligand spécifique situé sur les cellules endothéliales. Le chimiotactisme les attire sur les lieux de l'inflammation : l'IL-8 sécrété par les monocytes ainsi que certaines fractions du complément participent à ce chimiotactisme notamment en provoquant une réorientation du cytosquelette et des organites au sein de la cellule. Les propriétés de la phagocytose lui permettent de détruire les agents étrangers notamment les bactéries. La phagocytose peut être facilitée par un phénomène d'opsonisation caractérisé par une liaison spécifique des lipopolysaccharides de certaines parois bactériennes ou avec des immunoglobulines qui se lient à leur récepteur situé sur la membrane du polynucléaire. L'action de la myéloperoxydase des granulations azurophiles lui confère une activité bactéricide, qui lui permet de détruire les bactéries phagocytées.

#### **I .1.2.2.5. Eosinophiles**

Ces cellules représentent 1 à 3 % des globules blancs. Elles ont une demi-vie dans le sang circulant de 4 à 5 heures puis passent dans les tissus (peau, poumon, tractus digestif) où elles restent 8 à 10 jours. La proportion d'éosinophiles dans les tissus est 100 fois plus importante que celle du sang.



**Figure 7: Aspect en microscopie optique des polynucléaires**



**Figure 8: Aspect en microscopie optique des Neutrophiles**



**Figure 9: Aspect en microscopie électronique des Neutrophiles**

En microscopie optique, leur diamètre est de 10 à 14  $\mu\text{m}$ , le noyau est généralement bi-lobé, le cytoplasme apparaît en orangé au MGG, d'aspect granuleux à cause de la présence des granulations spécifiques (figure 10). Ces granulations sont volumineuses et acidophiles.

En microscopie électronique, les granulations spécifiques, éosinophiles sont volumineuses, de 0,5 à 1,5  $\mu\text{m}$  de diamètre et contiennent une matrice granulaire au sein de laquelle se trouve une formation cristalloïde allongée (figure 11).

Ces granulations contiennent une peroxydase (différente de la myéloperoxydase des neutrophiles) et des hydrolases acides.

#### **I.1.2.2.5.1. Fonction des éosinophiles**

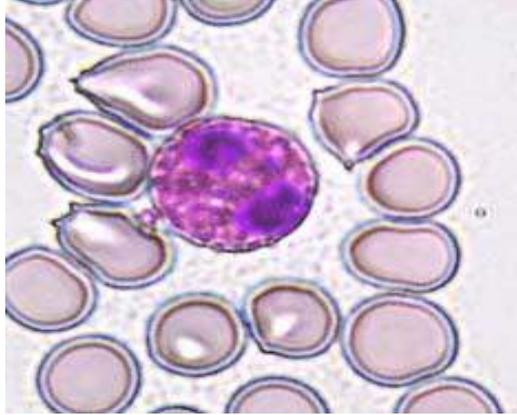
Ces cellules participent en synergie avec d'autres cellules, aux réactions d'hypersensibilité immédiate et retardée. Elles ont à des degrés moindres que les neutrophiles des propriétés de bactéricidie et de phagocytose. Elles interviennent essentiellement dans la destruction des parasites par l'intermédiaire de protéines de haut poids moléculaires (Eosinophil Cationic Protein - ECP et la Major Basic Protein - MBP) contenues dans les cristalloïdes des granulations. La membrane plasmique possède un récepteur pour les immunoglobulines de type IgE et pour l'histamine.

#### **I.1.2.2.6. Basophiles**

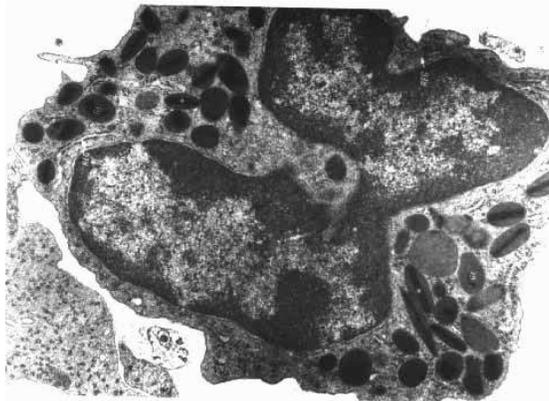
Ces cellules sont les moins nombreuses des polynucléaires, (0 à 1 % de l'ensemble des globules blancs). La durée de vie de ces cellules est de 3 à 4 jours.

En microscopie optique, ces cellules ont un diamètre de 10 à 14  $\mu\text{m}$  (figure 12). Leur noyau est irrégulier. Il peut prendre un aspect de trèfle, qui est généralement masqué par les nombreuses granulations métachromatiques (prennent une coloration rouge avec les colorants acides comme le bleu de toluidine ou le bleu alcian) qui apparaissent pourpres au MGG.

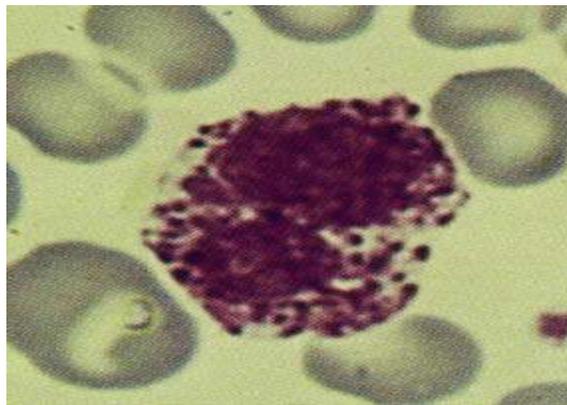
En microscopie électronique, les granulations apparaissent homogènes, formées de petits grains denses entourés d'une membrane (figure 13). Ces granulations basophiles contiennent de l'histamine et de l'héparine (glycosaminoglycanes sulfatés).



**Figure 10: Aspect en microscopie optique des Eosinophiles**



**Figure 11: Aspect en microscopie électronique des Eosinophiles**



**Figure 12: Aspect en microscopie optique des Basophiles**

#### **I.1.2.2.6.1. Rôle des basophiles**

C'est la cellule des manifestations allergiques de type immédiat. La membrane plasmique des basophiles possède des récepteurs pour le fragment Fc des immunoglobulines de type IgE. De ce fait, les IgE fabriquées de façon spécifique contre un allergène sont fixées à la membrane des basophiles. Quand il y a à nouveau contact avec l'allergène, le pontage des IgE par l'allergène provoque la dégranulation des basophiles, responsable des manifestations allergiques.

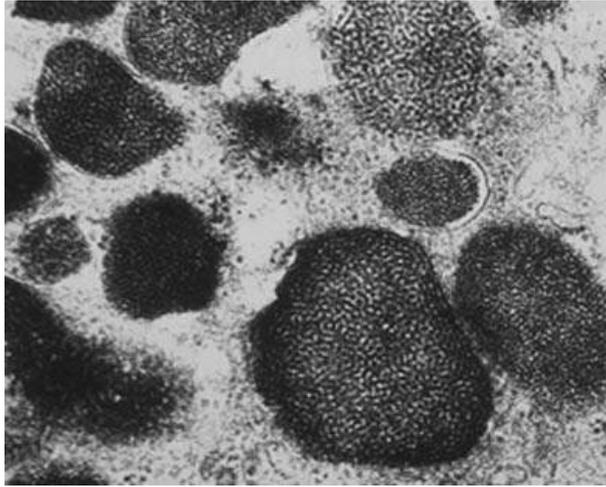
#### **I.1.2.3. Les plaquettes**

Leur durée de vie est de 8 à 12 jours. En **microscopie optique**, les plaquettes sanguines ou thrombocytes sont des fragments cellulaires anucléés de 2 à 5 µm de diamètre. On distingue deux zones : le centre de la cellule (chromomère) contenant des granulations et la périphérie (hyalomère) plus homogène (figure 14).

En microscopie électronique, elles apparaissent riches en granulations azurophiles denses aux électrons contenant de l'ADP, du glycogène. Leur cytosquelette est très développé avec notamment un faisceau marginal de microtubules circulaires et des microfilaments d'actine (thrombas thénine). Il existe également un réseau canalaire constitué par invagination de la membrane plasmique augmentant ainsi la surface de la membrane.

##### **I.1.2.3.1. Fonction des plaquettes**

Elles jouent un rôle fondamental dans les phénomènes initiaux de coagulation. Le feuillet externe de la membrane plasmique contient un épais glycolemme riche en molécule d'adhésion qui sont exprimées quand la plaquette est activée. Elles adhèrent ainsi au collagène quand il y a effraction de l'endothélium. L'actine et le système de microtubules provoquent une adhésion des plaquettes entre elles. Le faisceau de microtubules en se dépolyomérisant en filaments participe à l'agrégation des plaquettes. La couronne d'actine périphérique permet également, en se contractant, l'extrusion du contenu des granulations par le réseau canalaire, et provoque la synthèse de thromboxane à partir de l'acide arachidonique contenu dans les phospholipides de la membrane plasmique. Le thromboxane libéré a une action vasoconstrictrice. Les substances excrétées provoquent l'adhérence des autres plaquettes.



**Figure 13: Aspect en microscopie électronique des Basophiles**



**Figure 14: Aspect en microscopie optique des plaquettes**

## **I.2. L'hémostase**

Le sang est composé d'un liquide = plasma et d'éléments figurés du sang = globules rouges, globules blancs, plaquettes. C'est au niveau du plasma (facteur de coagulation) et des plaquettes que se trouvent les mécanismes qui sont capables de transformer une masse liquide (sang) en une masse solide : ce phénomène s'appelle la coagulation. Elle va s'associer à des modifications vasculaires. L'ensemble est désigné sous le nom de hémostase = arrêt de l'hémorragie.

### **I.2.1. Définition de l'hémostase**

C'est l'ensemble des phénomènes qui aboutissent à l'arrêt d'une hémorragie en cas de lésions vasculaires.

### **I.2.2. Mécanisme de l'hémostase**

L'hémostase se déroule en plusieurs temps qui s'imbriquent entre eux. La réaction de l'organisme est différente selon la lésion :

- Vaisseaux capillaires → rapide (temps primaire).
- Vaisseaux gros calibre → temps primaires et secondaire voire tertiaire. Formation d'un caillot par mécanismes de défense.

#### **I.2.2.1. Hémostase primaire**

Elle correspond à l'ensemble de mécanismes qui va aboutir à la formation du clou plaquettaire.

##### **I.2.2.1.1. Temps vasculaire = temps pariétal.**

Il y a blessure d'un vaisseau → mécanismes. La paroi du vaisseau et des plaquettes va se modifier. La lésion se situe au niveau des capillaires ou des vénules = rétraction ou des artères = vasoconstriction des vaisseaux (se serrent) → le flux sanguin diminue = il ralentit la circulation.

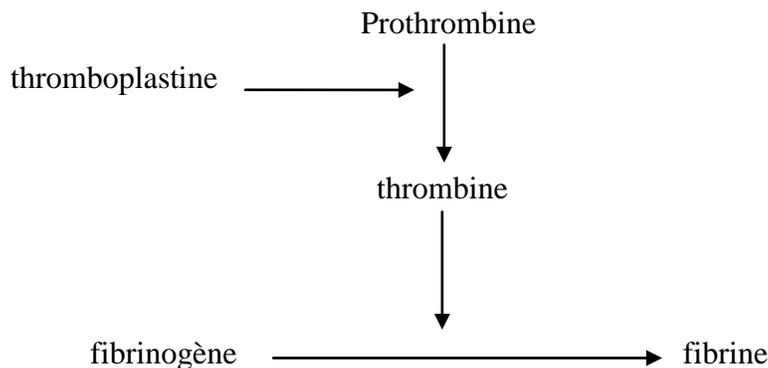
##### **I.2.2.1.2. Temps plaquettaire**

Les vaisseaux sont visés = blessures : les plaquettes adhèrent au collagène du tissu conjonctif de ce vaisseau = adhésion plaquettaire. Elles s'agrègent entre elles pour former un

amas qui va obstruer cette brèche = clou plaquettaire = thrombus blanc : agrégation plaquettaire au niveau du tissu conjonctif (figure 15) . Cette agrégation est due à la libération de l'ADP (Adésine DiPhosphate) qui vient des cellules lésées. L'amas de plaquettes libère la sérotonine et à un rôle de vasoconstriction. C'est l'étape avant la coagulation.

### I.2.2.2. Hémostase secondaire

Le temps plasmatique = temps de coagulation constitue la coagulation proprement dite et fait intervenir de nombreux facteurs de coagulation allant de 1 à 12. Ces facteurs sont des protéines. Cette coagulation aboutit à la formation d'un thrombus rouge = caillots de fibrine enserrant dans ses mailles les globules rouges = hématies = érythrocytes qui viennent renforcer le clou plaquettaire. La coagulation est due à la transformation de la fibrine (protéine) qui s'est trouvé transformé par le fibrinogène qui lui s'est trouvé transformé par un élément supérieur = thrombine (enzyme) activée par la prothrombine (foie) activée par la thromboplastine (dans le foie) : c'est une réaction en chaîne. C'est la cascade de la coagulation (figure 16).

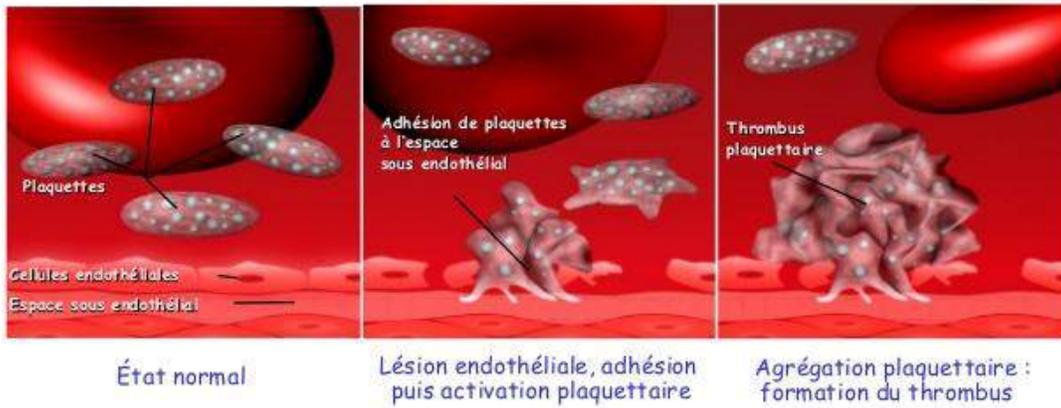


- Ce phénomène est lié à 3 processus étroitement liés

#### I.2.2.2.1. La thromboplastinoformation

La transformation de la prothrombine en thrombine fait intervenir un ensemble complexe d'activateurs.

# PLAQUETTES = SAMU VASCULAIRE



Ferguson JJ. *Antiplatelet Therapy in Clinical Practice*. London: Martin Dunitz; 2000: 15-35.

Figure 15: Formation du thrombus Ferguson, (2000)

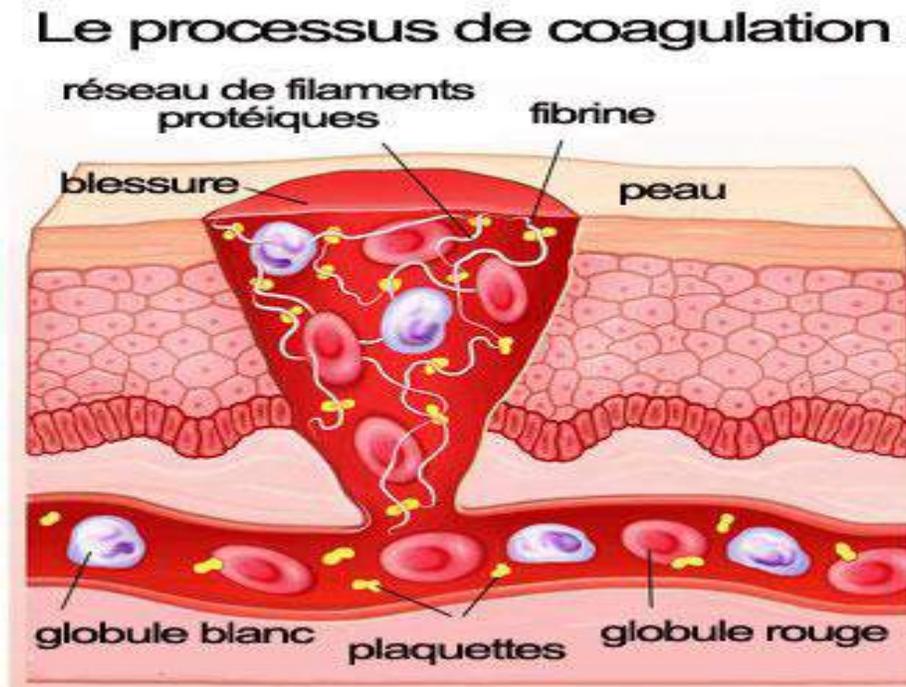


Figure 16: Formation du clou hémostatique Ferguson, (2000)

#### **I .2.2.2.2. La thrombinoformation**

Des facteurs de coagulation sont combinés et activés + calcium (figure 17). Ils vont aller activer la prothrombinase (protéine) qui se transforme en prothrombine qui elle se transforme en thrombine.

##### **- Les facteurs de coagulation**

Les facteurs de coagulation, comme leur nom l'indique, sont des molécules impliquées dans la coagulation du sang. La plupart de ces facteurs sont des molécules solubles dans le sang, à l'exception du facteur tissulaire (le facteur III) qui sera libéré lors d'un dommage au vaisseau sanguin. Vous noterez également que la plupart de ces facteurs sont produits au niveau du foie, et que la production de certains est dépendant de la vitamine K. En conséquence, les problèmes hépatiques ou les déficits en vitamine K pourront influencer la coagulation du sang.

#### **I .2.2.2.3. La fibrinoformation**

La fibrine instable devient stable par le facteur VII et se transforme en fibrinase et se transforme en fibrinogène (facteur I) par la thrombine.

#### **I .2.2.3. La fibrinolyse = dissolution = cicatrisation en cours**

Rétraction du caillot. C'est la dissolution du caillot au bout de 72 h : elle est due à l'action enzymatique plasmatique, la plasmine = la fibrinolysine.

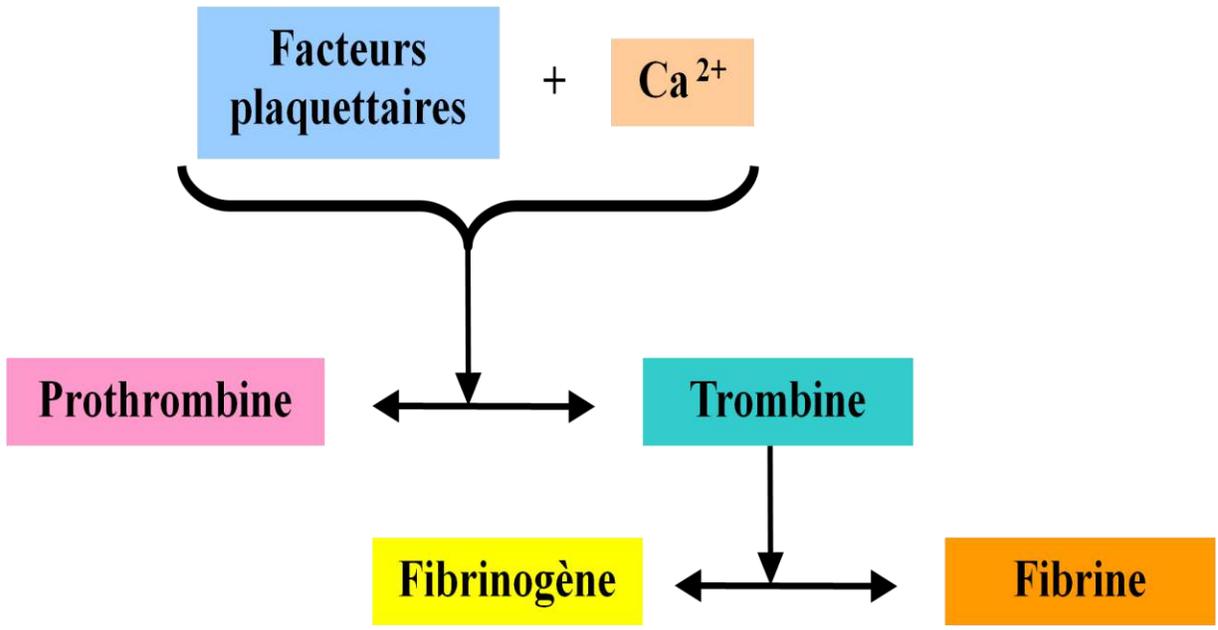


Figure 17: Hémostase secondaire

# Chapitre II

## Systeme Nerveux

## **II.1. Structure du système nerveux**

Le système nerveux est un système biologique animal responsable de la coordination des actions avec l'environnement extérieur et de la communication rapide entre les différentes parties du corps.

Chez tous les vertébrés, on distingue le système nerveux central (encéphale et moelle épinière), du système nerveux périphérique (nerfs et ganglions nerveux). À l'échelle cellulaire, le système nerveux est défini par la présence de cellules hautement spécialisées appelées neurones, qui ont la capacité, très particulière, de véhiculer un signal électrochimique. En outre, le système nerveux contient des cellules de support appelées cellules gliales, qui apportent un soutien structurel et fonctionnel aux neurones.

Le système nerveux peut faillir en de nombreuses conditions : anomalies génétiques, traumatismes physiques, intoxications, infections ou simplement par l'effet du vieillissement. Une altération du système nerveux provoque le plus souvent des symptômes graves à cause de l'importance de ce système dans le fonctionnement du corps. La neurologie et la psychiatrie sont les branches de la médecine qui cherchent à soigner les pathologies du système nerveux. Les neurosciences désignent l'étude scientifique du système nerveux, tant du point de vue de sa structure que de son fonctionnement, depuis l'échelle moléculaire jusqu'au niveau des organes.

## **II.2. Organisation microscopique**

Le système nerveux est composé de deux types cellulaires : les neurones et les cellules gliales. Les neurones constituent la partie active du système nerveux (transmission et traitement de signaux) alors que les cellules gliales assurent une fonction support (protection, métabolisme, recyclage). En dehors des microgliocytes, ces cellules sont générées à partir d'un progéniteur commun, la cellule souche neurale.

### **II.2.1. Neurone**

Le neurone est la cellule principale du fonctionnement du système nerveux. Cette cellule excitable est capable de transmettre un signal de nature électrochimique d'un point à l'autre de l'organisme. Ce signal est constitué par la propagation de dépolarisations de la membrane plasmique couplée à la libération de molécule chimique au niveau des points de connexion avec les autres cellules. Ce mécanisme de neurotransmission est commun à l'ensemble des neurones,

mais l'information que véhicule ce signal dépend du neurone (figure 18). Ainsi, les neurones du nerf optique véhiculent les informations liées à la vision alors que ceux à destination de la peau véhiculent les informations du toucher. Une fonction importante des neurones est de traiter au sein de plusieurs réseaux ces différentes formes d'informations pour permettre d'effectuer des tâches aussi complexes et variées que la mémorisation, la motricité ou l'homéostasie du corps. La grande diversité de neurone présent dans le système nerveux reflète la diversité des tâches exécutées par ces cellules.

Le neurone entre en contact avec les cellules des organes innervés ou avec les autres neurones grâce à la présence de deux types de prolongement : les dendrites et l'axone.

### **II.2.2. Dendrite**

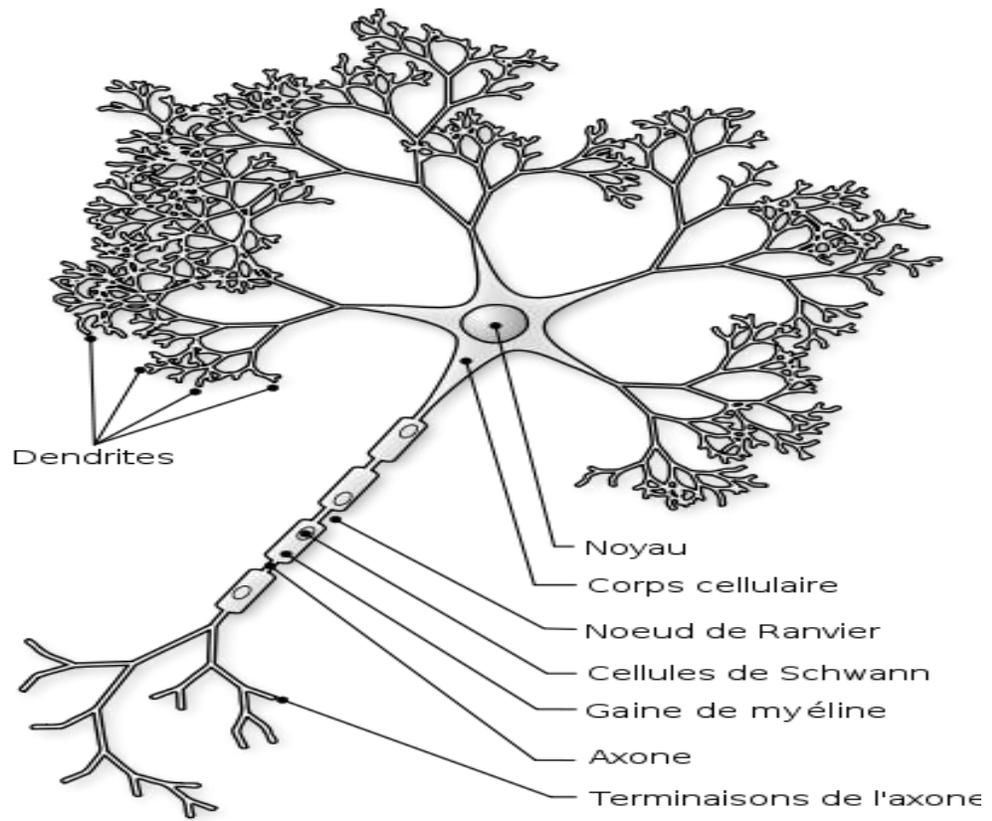
La dendrite est un prolongement implanté sur le corps cellulaire. Il en existe souvent plusieurs pour un même neurone, qui se présentent sous forme d'arborisations fines et courtes, se terminant en de très nombreuses ramifications. Le nombre et la forme des dendrites varient selon le type de neurones et permettent d'identifier partiellement ce dernier.

Les dendrites sont conductrices de l'influx nerveux, mais elles ne peuvent essentiellement conduire cet influx que dans un seul sens, de l'extrémité des arborisations de la dendrite vers le corps de la cellule (direction dite « cellulipète »). Le sens de conduction de l'influx différencie les dendrites de l'axone.

Pour le traitement du signal transmis par le neurone, les dendrites constituent l'*input* (entrée de l'information) du neurone, l'axone étant alors l'*output* (sortie de l'information).

### **II.2.3. Axone**

L'axone se présente sous forme d'une tige allongée, de surface lisse, de calibre invariable. Il n'existe qu'un seul axone par cellule nerveuse, alors qu'il peut exister plusieurs dendrites. L'axone est parfois très court, mais sa longueur est parfois considérable : pour les nerfs périphériques par exemple, le neurone moteur est situé au niveau de la moelle épinière et la terminaison de l'axone se situe au niveau de la plaque motrice du muscle qu'il innerve, ce qui représente un trajet long parfois de plusieurs décimètres. L'axone se termine comme les dendrites par des arborisations hautement ramifiées pouvant contacter plusieurs cellules à la fois.



**Figure 18: Cellule principale du fonctionnement du système nerveux**

L'axone ne conduit les influx nerveux que dans un seul sens, généralement du corps de la cellule nerveuse vers les arborisations terminales de l'axone (direction dite « cellulifuge ») mais il peut potentiellement les conduire dans les deux sens. C'est ce qui se passe pour les neurones sensoriels de la peau, qui ne possèdent pas de dendrites mais un axone avec deux embranchements : un se dirigeant vers la périphérie et les récepteurs sensoriels et un vers le système nerveux central.

Le potentiel d'action se propage donc des récepteurs le long du premier embranchement de l'axone dans le sens cellulipète puis passe dans la seconde branche, cette fois-ci dans le sens cellulifuge jusqu'au système nerveux central. Dans ce cas de figure, le neurone ne présente pas un axone et une dendrite, mais un axone ramifié en deux branches. La partie terminale de cet axone peut libérer des neurotransmetteurs dans des synapses dites *en passant* pour effectuer des actions très rapides à la suite de la stimulation sensorielle sans attendre une réponse du système nerveux central, nettement plus long à réagir. C'est cette présence de synapses qui permet d'identifier ce prolongement comme un axone plutôt qu'une dendrite.

#### **II.2.4. Synapse**

La synapse est le lieu où le neurone transmet un signal à une autre cellule par la libération :

- D'un signal électrique, ce mode de transmission est surtout observable chez les invertébrés et les vertébrés inférieurs.
- D'un neurotransmetteur chimique. Ce signal chimique délivré par le neurone peut être excitateur (exemple : acétylcholine), inhibiteur (exemple : GABA ), ou plus subtilement moduler l'activité de la cellule réceptrice.

#### **II.2.5. Cellule gliale**

Le système nerveux est doté de cellules supports, appelées cellules gliales. Ces cellules étaient autrefois considérées comme des cellules de maintien, mais les découvertes récentes en neurosciences montrent qu'elles assurent une diversité de fonctions nécessaires au bon fonctionnement du système nerveux.

La fonction la mieux étudiée est la formation de la gaine de myéline autour des axones. Cette gaine isolante permet une conduction du signal électrique beaucoup plus rapide et efficace que

sur un axone non myélinisé. Deux types de cellules remplissent cette fonction: les oligodendrocytes et les cellules de Schwann.

Les astrocytes sont des cellules qui assurent l'homéostasie et la protection de l'environnement des neurones. Elles participent notamment à la barrière hémato-encéphalique qui isole chez les vertébrés le cerveau du reste de l'organisme. Elles peuvent également participer à la formation et au fonctionnement des synapses entre les neurones.

Les microgliaocytes sont les cellules immunitaires du système nerveux.

Le système nerveux est divisé en deux parties distinctes :

- ✓ Le système nerveux central.
- ✓ Le système nerveux périphérique.

### **II.3. Système Nerveux Central (SNC)**

Le système nerveux central ou névraxe est la portion du système nerveux constituée d'une part de l'encéphale, regroupant le cerveau, le tronc cérébral et le cervelet ; d'autre part de la moelle épinière. Il a un rôle de réception, de traitement, d'intégration et d'émission des messages nerveux. Il est donc constitué :

#### **II.3.1. Cerveau**

Est la structure principale de l'encéphale. Ressemble à une masse grise rosâtre et est environ deux fois la grosseur de votre poing. Sa consistance, par contre, est plutôt molle, est le centre de la motricité volontaire. Le cerveau est également le centre de sensibilité consciente. C'est la substance grise du cerveau qui reçoit toutes les sensations qui proviennent des organes des sens, bien que ce soit l'œil qui capte une image, c'est le cerveau qui voit et interprète l'image. De même, le nez capte une odeur de brûlé, mais c'est le cerveau qui interprète cette odeur. C'est le centre de notre intelligence, notre mémoire, nos pensées, notre volonté, etc.

##### **II.3.1.1. Composition du cerveau**

On peut diviser le cerveau en deux parties:

###### **II.3.1.1.1. La matière blanche**

La matière blanche est formée d'axones myélinisés et de cellules gliales.

C'est en fait la myéline sur l'axone qui donne l'apparence blanche à la matière blanche.

#### **II.3.1.1.2. Matière grise**

C'est la partie grise et brune qui contient surtout des corps cellulaires, des dendrites et des axones courts et sans myéline. Ainsi, la matière grise forme le cortex cérébral, qui est un revêtement mince qui recouvre chaque hémisphère (figure 19).

Le cortex cérébral est responsable du langage, de la mémoire, de la personnalité, de la pensée consciente, etc.

#### **II.3.1.2. Subdivisions du cortex cérébral (Les lobes)**

##### **II.3.1.2.1. Lobe occipital**

Fonction principale : reçoit et analyse l'information visuelle. Si le lobe occipital subit une lésion, la personne peut voir les objets sans être capable de les reconnaître.

##### **II.3.1.2.2. Lobe temporal**

Fonction principale : reçoit et interprète l'audition (comprendre les paroles, retrouver des souvenirs visuels et verbaux)

##### **II.3.1.2.3. Lobe pariétal**

Fonction principale : reçoit et interprète l'information sensorielle qui provient de la peau.

##### **II.3.1.2.4. Lobe frontal**

Responsable du raisonnement, réflexion critique, la mémoire, la personnalité, et l'utilisation du langage. Contient les aires motrices pour les actions volontaires (figure 20).

#### **II.3.2. Tronc cérébral**

A la jonction entre le cerveau, le cervelet et la moelle épinière, constitué de haut en bas du mésencéphale, du pont de Varole (ou protubérance annulaire), et du bulbe rachidien (ou moelle allongée).

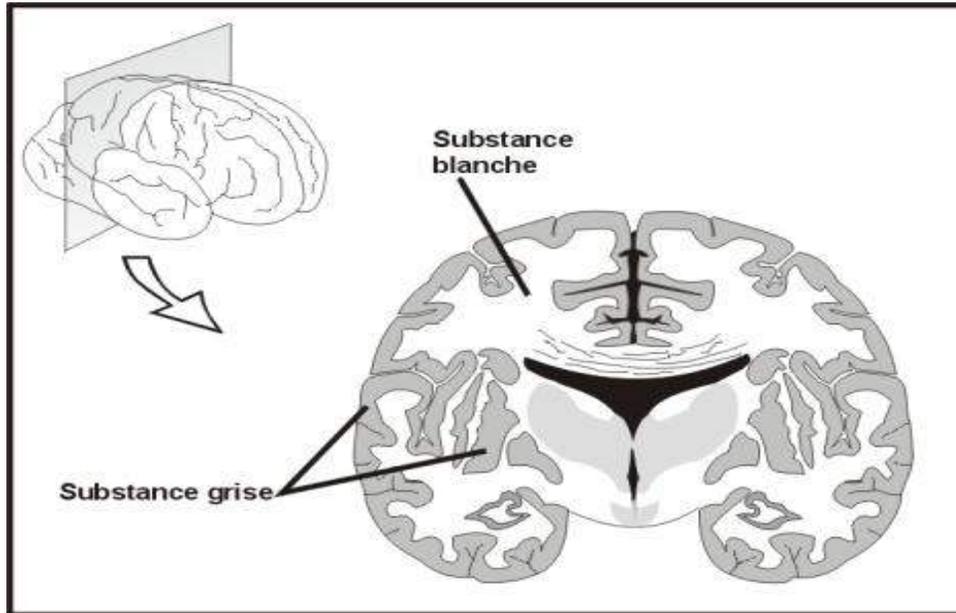


Figure 19: Composition du cerveau

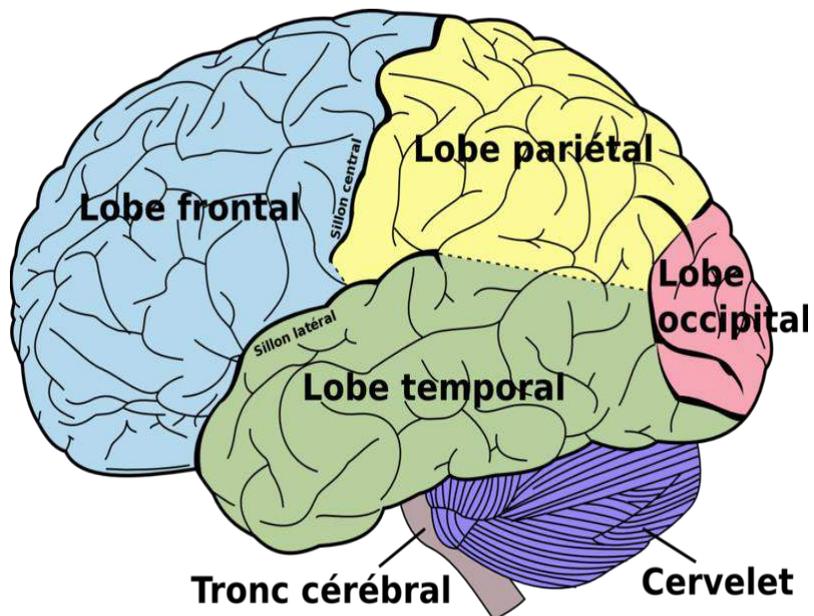


Figure 20: Subdivisions du cortex cérébral (Les lobes)

### **II.3.3. La moelle épinière**

Apparaît comme un cordon d'environ 50 cm de long et de 1 cm de diamètre. Située à l'intérieur de la colonne vertébrale. Contient une matière grise au centre qui est responsable des actes réflexes et des informations sensorielles. La matière grise est entourée d'une matière blanche qui conduit les ordres du cerveau aux membres et qui conduit les sensations des membres au cerveau (figure 21). L'ensemble du système nerveux central est protégé par une enveloppe osseuse, constituée de la boîte crânienne pour l'encéphale et de la colonne vertébrale pour la moelle épinière. D'autres enveloppes de tissu protecteur sont situées entre l'os et le névraxe, ce sont les Méninges (figure 22).

#### **II.3.3.1. Le liquide céphalorachidien**

La moelle épinière et l'encéphale sont entourés d'un liquide appelé liquide céphalorachidien.

Ce liquide est semblable au plasma et sert principalement à protéger les tissus nerveux qui sont très fragiles. Ce liquide circule continuellement à l'intérieur de l'encéphale. Une petite partie circule aussi autour de la moelle épinière.

Il se renouvelle rapidement et a des fonctions de protection mécanique, anti-infectieuse, nutritive. Un test appelé la ponction lombaire sert à détecter toute anomalie de ce liquide telle la présence de sang, de bactéries, etc.

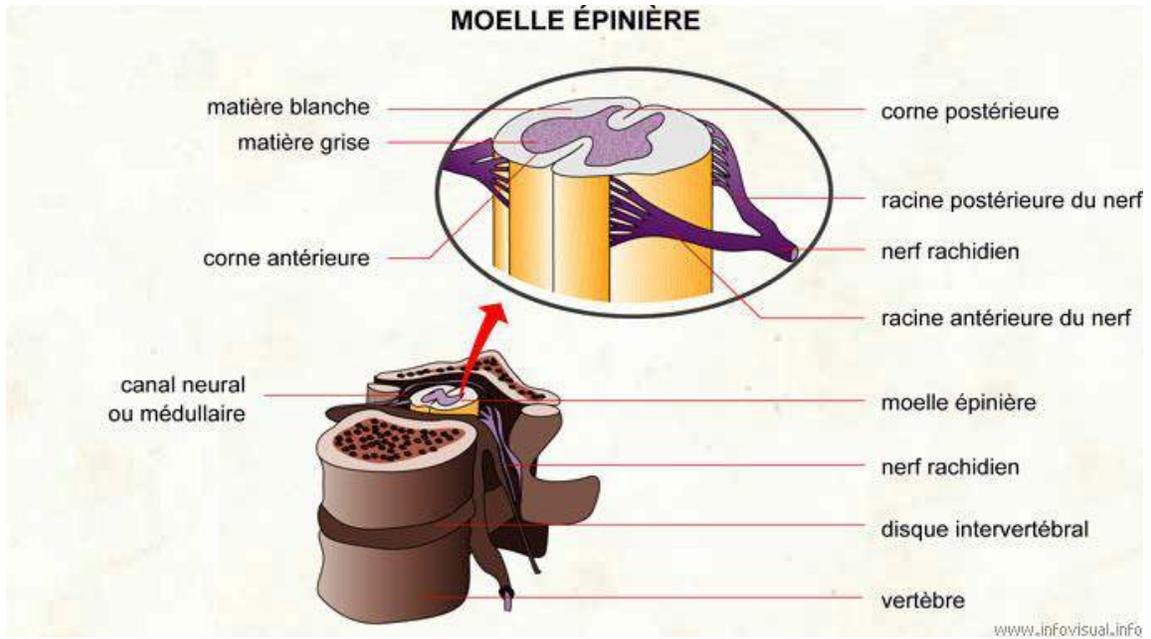
### **II.3.4. Cervelet**

Ressemble un peu à un chou-fleur. Portion archaïque du cerveau, branchée en parallèle à la face dorsale du tronc cérébral, est le centre nerveux de l'équilibre et il coordonne les mouvements automatiques comme la marche. Sert également à donner de la précision aux mouvements automatiques.

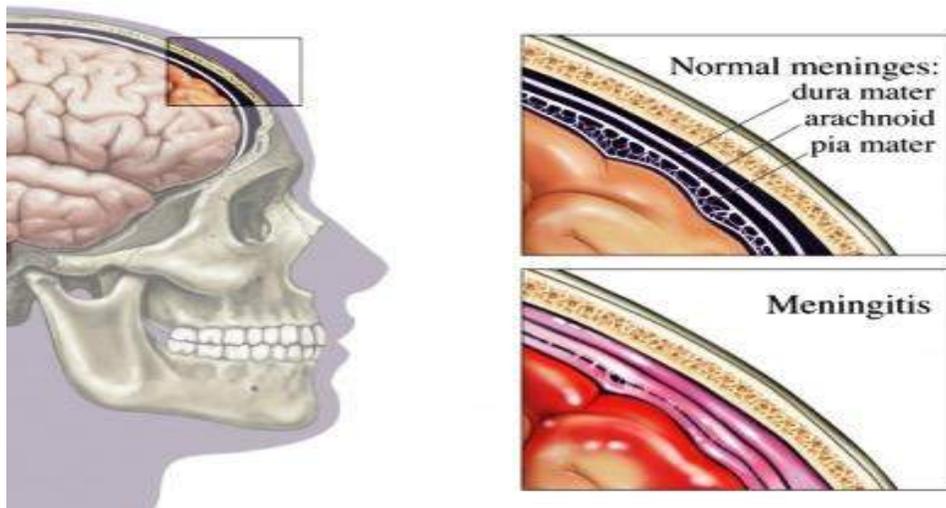
Est le « pilote automatique » du corps humain, exerçant les fonctions de maintien de la posture, équilibre, coordination entre les mouvements, mémoire gestuelle.

#### **II.3.4.1. Troubles du cervelet**

Une personne gravement affectée la perte de tout sens de l'équilibre et ses mouvements deviennent non coordonnés. Dans ce cas, même si le cerveau donne la commande de toucher



**Figure 21: La Moelle Épinière**



**Figure 22: Les Méninges**

son nez avec son index, l'individu sera incapable de coordonner ses mouvements assez pour pouvoir accomplir cette tâche pourtant simple. Des troubles peuvent être causés par le vieillissement ou une tumeur.

### **II.3.5. Bulbe rachidien**

Contrôle le fonctionnement des organes internes, des fonctions aussi vitales telles que les battements cardiaques et la respiration, la tension artérielle, etc.

Fait partie de la moelle épinière (figure 23). Donc, s'il y a rupture de la moelle épinière au niveau du bulbe rachidien, l'individu meurt étant donné que les fonctions vitales comme les battements cardiaques et la respiration ne seront plus assurées.

### **II.3.6. Pont de Varole**

Sert de centre de relais entre les neurones des hémisphères droit et gauche du cerveau, le cervelet et le reste de l'encéphale.

Composé de fibres nerveuses (axones), c'est la plus grosse masse de matière blanche dans l'encéphale (figure 24).

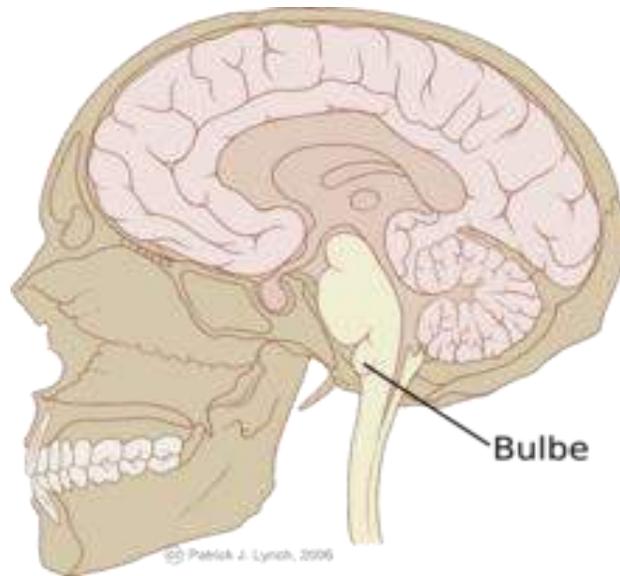
### **II.3.7. Hypothalamus**

Aide à la régulation du milieu interne de l'organisme et de certains aspects du comportement (figure 25). Renferme des neurones qui régissent :

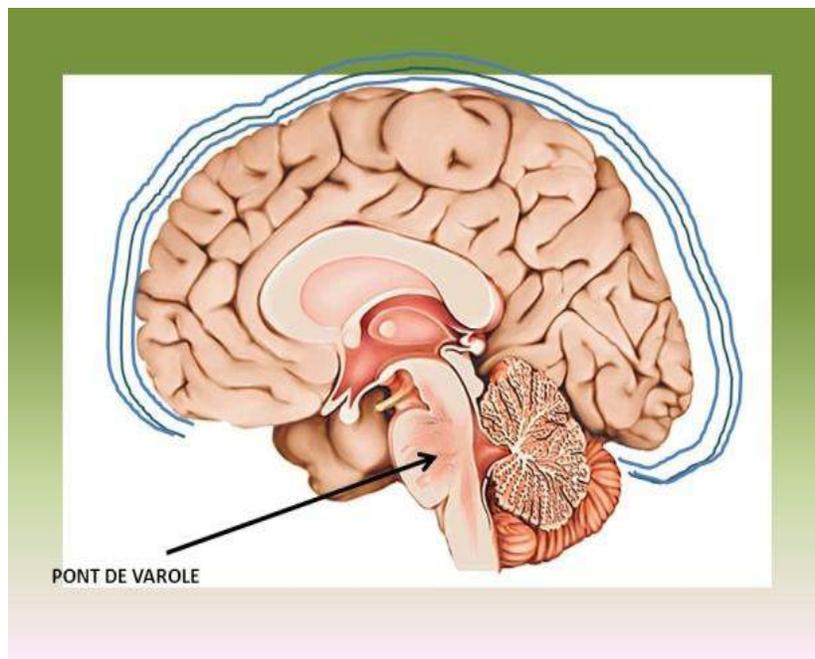
- ✓ Tension artérielle
- ✓ Rythme cardiaque
- ✓ Température corporelle
- ✓ Soif et faim
- ✓ Émotions

### **II.3.8. Thalamus**

Constitué de neurones qui relie différentes parties de l'encéphale entre elles. Connue comme la « chambre à coucher », assure la régulation de la conscience, de la vigilance (en lien avec divers sens) et du sommeil.



**Figure 23: Bulbe rachidien**



**Figure 24: Pont de Varole**

### **II.3.9. Corps calleux**

C'est un ensemble de fibres nerveuses qui relie les hémisphères gauche et droit de l'encéphale.

## **II.4. Le système nerveux périphérique (SNP)**

Le système nerveux périphérique est constitué des nerfs sensitifs et moteurs, qui sont issus essentiellement de la moelle et du tronc cérébral, et qui se terminent au niveau d'un ou plusieurs organes (peau, muscle, viscère, ...) (figure 26).

Se situe à l'extérieur du SNC, est formé de nerfs (qui sont des regroupements d'axones) provenant de l'encéphale et de la moelle épinière.

Ces nerfs sont des lignes de communication qui relient toutes les parties du corps en transmettant les influx.

Il existe trois sortes de nerfs :

- ✓ Les nerfs moteurs : partent de l'encéphale et transmettent les ordres aux différentes parties du corps.
- ✓ Les nerfs sensitifs : viennent des organes sensoriels. Ils apportent à notre cerveau les sensations visuelles, auditives, olfactives, gustatives et tactiles.
- ✓ Les nerfs mixtes : sont à la fois sensitifs et moteurs.

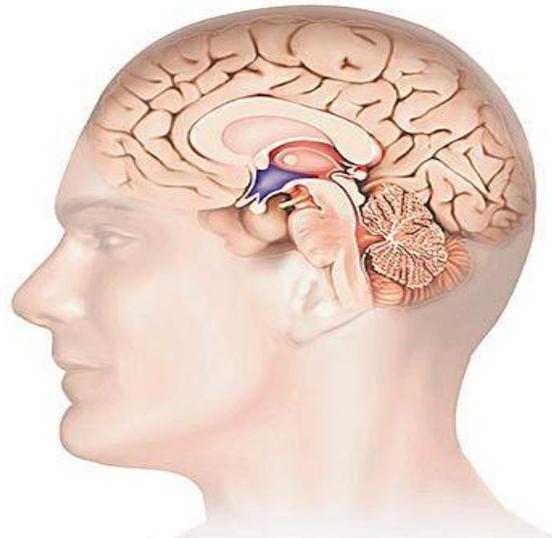
### **II.4.1. Organisation fonctionnelle**

#### **II.4.1.1. Système Somatique**

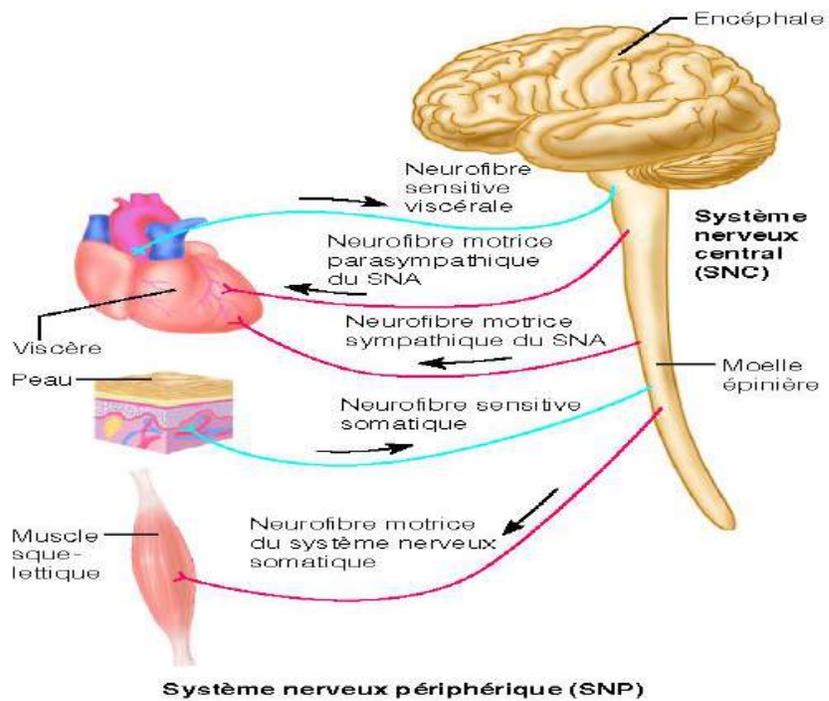
Responsable des actions volontaires, ses neurones sensoriels transmettent à l'intérieur l'information reçue par les récepteurs. Ses neurones moteurs transmettent de l'information aux muscles squelettiques.

#### **II.4.1.2. Système Autonome**

Le système autonome maintient l'homéostasie en adaptant le corps aux variations des milieux externe et interne, à l'aide de l'hypothalamus et du bulbe rachidien. Il fait ceci en contrôlant les actions involontaires, manipulant ainsi principalement les muscles lisses (incluant le myocarde) et les glandes.



**Figure 25: Hypothalamus**



**Figure 26: système Nerveux périphérique, système nerveux central**

Le système autonome se divise ainsi en :

#### **II.4.1.2.1. Le système nerveux sympathique**

- ✓ Le système nerveux sympathique a comme fonction de réagir aux situations d'urgence (réaction de lutte ou de fuite).
- ✓ Que ce soit de nature émotionnelle ou un stress physique, les influx nerveux augmentent afin de lutter contre le danger, et relâchent de la norépinephrine qui excite les muscles cibles (figure 27).

#### **II.4.1.2.2. Système nerveux parasympathique**

Il fait généralement le contraire du système nerveux sympathique. Sert de régulateur, il nous calme. Dans les situations calmes, il est dominant sur le système nerveux sympathique.

Il agit pour restaurer et conserver l'énergie. Il peut par exemple diminuer le rythme cardiaque. (réaction de repos et de digestion).

### **II.5. Les fonctions du système nerveux**

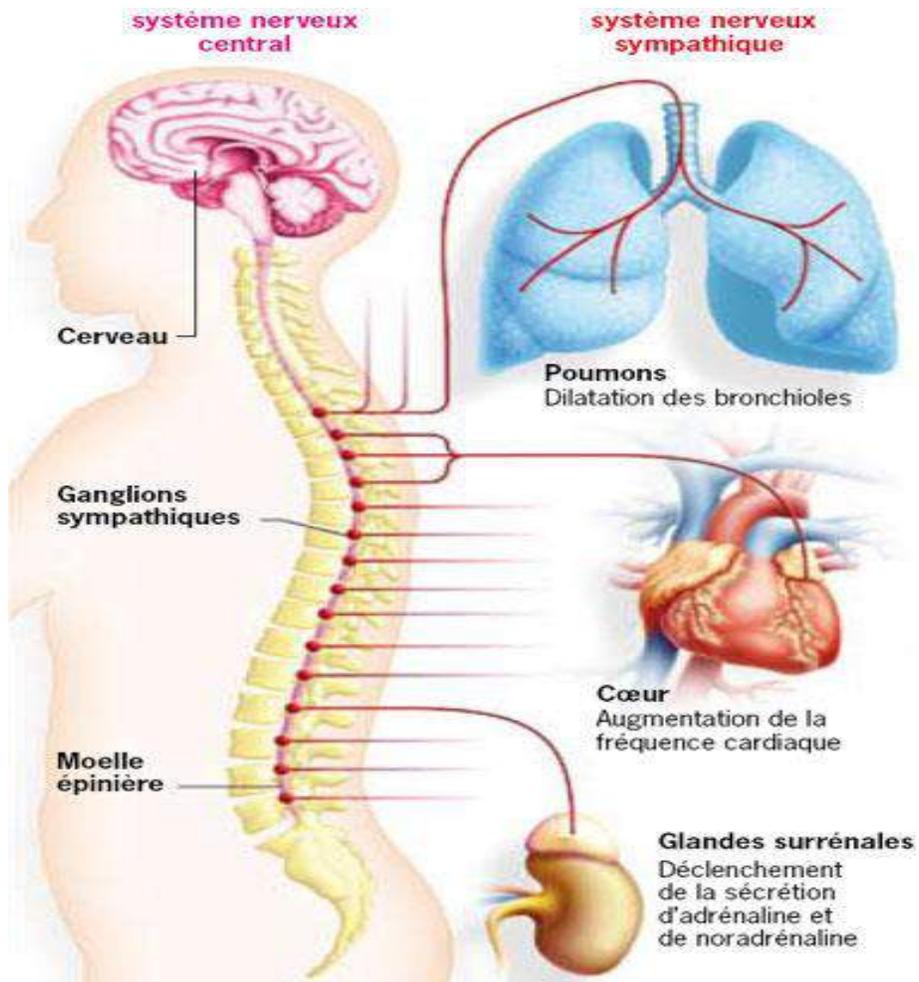
Trois fonctions primaires :

- ✓ Recevoir l'information sensorielle : Il reçoit l'information sur les changements internes et externes. Ces changements sont appelés stimuli. Ils sont reçus grâce aux récepteurs sensoriels.
- ✓ L'intégration : Il interprète l'information reçue et décide de l'action à prendre.
- ✓ La réponse motrice : La réponse qui a été prise lors de la phase de l'intégration est transmise aux muscles et aux glandes.

### **II.6. Responsabilités du système nerveux**

Le système nerveux est responsable :

- ✓ Du développement de nos facultés intellectuelles.
- ✓ Des mécanismes de la motricité volontaire.
- ✓ Des sensations qui nous mettent en relation avec le monde extérieur, soit penser, agir, sentir, entendre, voir.
- ✓ Du fonctionnement des glandes, de nos organes.
- ✓ Du fonctionnement de la nutrition et de la croissance de la cellule.



**Figure 27: Le Système Nerveux Sympathique**

# Chapitre III

## Appareil cardiovasculaire

### **III.1. Physiologie cardiaque**

Le système cardiovasculaire constitue :

- ✓ D'une pompe (le cœur).
- ✓ D'un ensemble de tuyaux (les artères, les veines et les capillaires).

#### **III.1.1. Le cœur**

N'est pas plus gros que votre poing fermé. Est antérieur par rapport à la colonne vertébrale, et postérieur par rapport au sternum (figure 28). Il est partiellement recouvert par les poumons et placé obliquement dans le thorax et son apex (sa pointe) est orientée vers la hanche gauche et repose sur le diaphragme. Le cœur est très résistant, peut fonctionner pendant de nombreuses années et travaille habituellement sans se faire remarquer.

Chez les gens qui pratiquent régulièrement un exercice intense, le cœur s'adapte graduellement à cet effort. Il y gagne ainsi en puissance et en efficacité. Par contre, l'exercice vigoureux et occasionnel peut causer un infarctus du myocarde (crise de cœur).

Le système cardiovasculaire participe à l'homéostasie : maintien de certaines valeurs physiologiques à un niveau constant.

Le système cardiovasculaire a un rôle de :

- ✓ Distribution aux cellules : nutriments, acides aminés, acides gras, vitamines et oxygène.
- ✓ Élimination : déchets produits par les cellules (CO<sub>2</sub>, lactate).
- ✓ Transport : O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, et hormones.
- ✓ Régulation : température corporelle, pH sanguin, volume d'eau, sels minéraux.

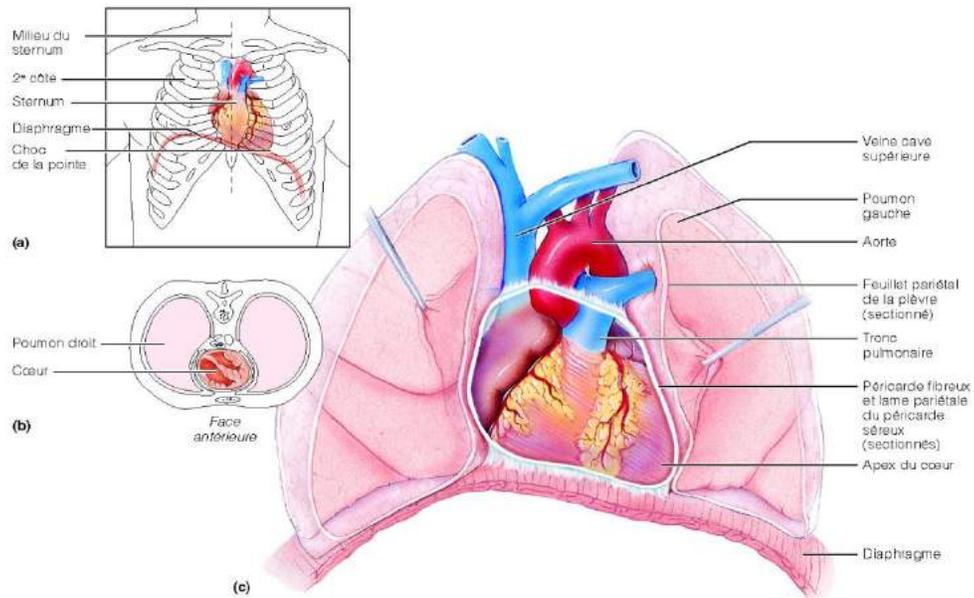
##### **III.1.1.1. L'anatomie du cœur**

Est constitué de trois couches de tissus (figure 29) :

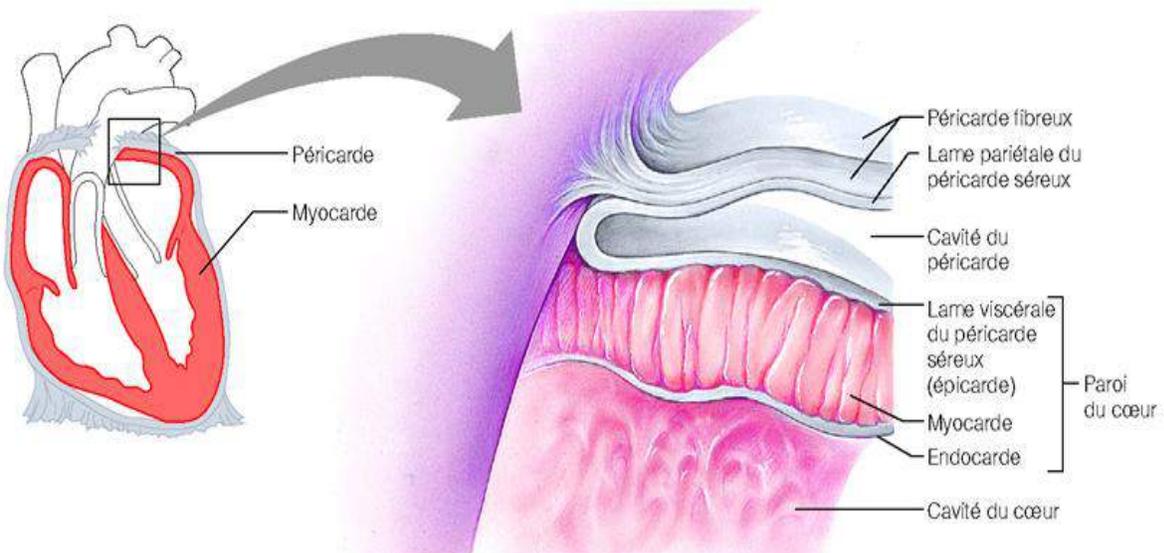
- Le péricarde : enveloppe externe du cœur.
- Le myocarde : le tissu musculaire du cœur.
- L'endocarde : enveloppe interne qui tapisse les cavités du cœur.

Le cœur est divisé en deux parties distinctes (qui ne communiquent pas entre elles) : le cœur droit et le cœur gauche (figure 30). Chaque partie comprend une oreillette et un ventricule. L'oreillette droite communique avec le ventricule droit par une valve appelée valve auriculo-ventriculaire droite. Il en est de même pour la valve auriculo-ventriculaire gauche.

**FIGURE 18.1** Cœur : situation dans le médiastin



**Figure 28 : Localisation du cœur**

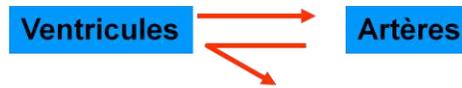


**Figure 29 : L'anatomie du cœur**

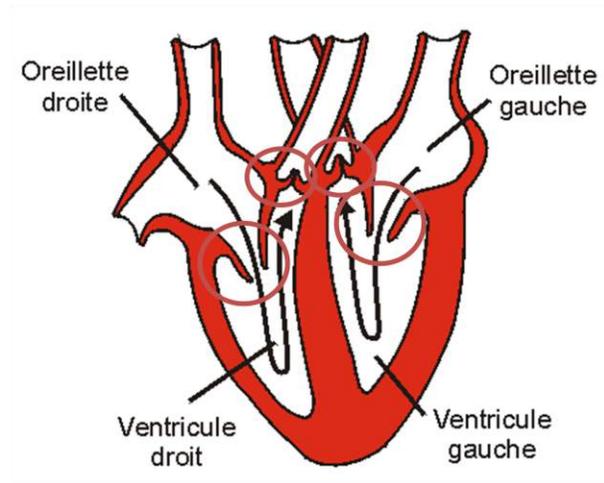
Sang passe des oreillettes aux ventricules, mais pas l'inverse



Sang passe des ventricules aux artères, mais pas l'inverse



Valvules tricuspide et mitrale (bicuspide)



Valvules sigmoïdes (aortique et pulmonaire)

**Figure 30 : Le cœur droit et le cœur gauche**

#### **III.1.1.1.1. L'anatomie du cœur : les oreillettes**

Le sang arrive aux oreillettes par les veines et repart des ventricules par les artères. Les valves auriculoventriculaires empêchent le sang de faire marche arrière et de re-pénétrer dans les oreillettes une fois qu'il a accédé aux ventricules. Les oreillettes sont les cavités situées à la partie supérieure du cœur et sont considérées comme des cavités d'entrée.

Les parois des oreillettes sont minces et elles contribuent très peu à l'activité de pompage du cœur.

#### **III.1.1.1.2. L'anatomie du cœur : les ventricules**

Les ventricules sont les cavités situées à la partie inférieure du cœur et sont considérés comme les cavités de sortie. Leurs parois sont beaucoup plus épaisses étant donné qu'elles sont constituées d'une plus grande quantité de tissu musculaire qui a comme principale action de se contracter afin de propulser le sang vers la circulation.

#### **III.1.1.1.3. L'anatomie du cœur : les valves**

En plus des valves auriculoventriculaires gauche et droite, il existe deux autres valves :

- La valve de l'aorte.
- La valve du tronc pulmonaire.

Les quatre valves du cœur permettent au sang de circuler à sens unique d'une cavité à l'autre. Elles empêchent donc le sang de remonter dans les oreillettes lorsque les ventricules se contractent.

#### **III.1.1.2. La physiologie du cœur**

Le sang entre dans le cœur puis en ressort dans l'ensemble de l'organisme. Il revient et refait un autre tour dans le cœur pour en ressortir à nouveau. Le processus se répète ainsi pour tous les battements du cœur.

Le cœur bat par lui-même sans avoir à recevoir d'influx nerveux. Il se contracte de lui-même et de façon spontanée.

### **III.1.2. Les vaisseaux sanguins**

Le sang circule dans l'organisme grâce aux vaisseaux sanguins. Il existe divers types de vaisseaux sanguins qui sont classifiés selon le type de sang qu'ils transportent, leur localisation et leurs fonctions:

- Les artères.
- Les veines.
- Les capillaires.

#### **III.1.2.1. Les artères**

Transportent le sang oxygéné du cœur aux organes, sont situées en profondeur. Leur paroi est épaisse et élastique, peuvent se dilater pour permettre le passage du sang lors de chaque contraction du myocarde. Le sang y circule donc jusqu'à ses plus petites ramifications qui sont appelées artérioles.

##### **III.1.2.1.1. Les principales artères du corps : L'aorte**

Est environ la grosseur de votre pouce, est la plus grosse du corps humain. Sort directement du ventricule gauche pour ensuite se diviser en plusieurs artères de plus en plus petites, se divise en plusieurs ramifications (principales) :

- L'artère carotide
- L'aorte abdominale
- L'artère brachiale
- L'artère fémorale
- L'artère radiale

#### **III.1.2.2. Les veines**

En sortant des capillaires, le sang qui contient alors les déchets de la cellule prend le chemin des veinules qui sont de très petites ramifications des veines. Le sang se rend par la suite aux veines, qui le transportent vers le cœur.

Les veines sont localisées beaucoup plus à la surface du corps que les artères, le sang y circule plus lentement que dans les artères et d'une façon continue. La paroi des veines est beaucoup plus mince que celles des artères et est formée de façon à empêcher le sang de retourner en arrière (valvules).

### **III.1.2.2.1. Les principales veines du corps**

Tout comme la plupart des artères sont des ramifications provenant de l'aorte, les veines sont des ramifications qui se rattachent aux deux veines caves qui déversent dans l'oreillette droite du cœur.

- La veine cave supérieure.
- La veine cave inférieure (figure 31).

### **III.1.2.3. Les capillaires**

Sont de minuscules vaisseaux sanguins, 50 fois plus petits qu'un cheveu, relient les artères et les veines ensemble. Le sang y circule très lentement, permettant les échanges entre le sang et les cellules. L'oxygène et les nutriments sont déversés dans la cellule tandis que les déchets de la cellule sont recueillis par le sang.

## **III.2. La circulation**

Le cœur est en fait une pompe double : une pompe, le cœur droit. L'autre, le cœur gauche. Chacune des pompes a des fonctions spécifiques:

- Le cœur droit : est la pompe qui s'occupe de la **circulation pulmonaire** d'envoyer le sang (non oxygéné) aux poumons.
- Le cœur gauche : est la pompe qui s'occupe de la **circulation systémique**, qu'il est responsable de distribuer le sang (oxygéné) à tout l'organisme (figure 32).

## **III.3. Propriétés du myocarde**

### **III.3.1. Tissu nodal et automatisme cardiaque**

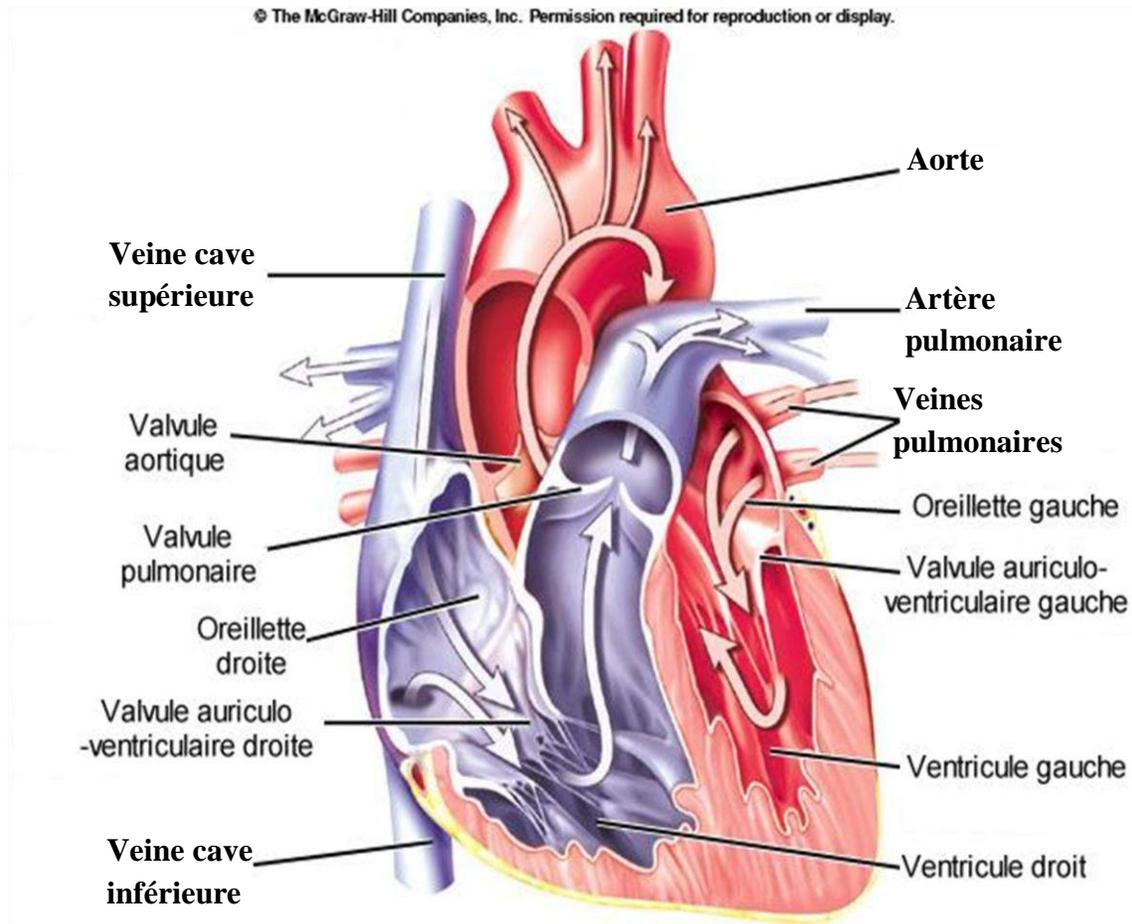
Le cœur a une activité mécanique qui est commandée électriquement.

Autorythmicité cardiaque : existence de cellules myocardiques produisant spontanément un signal électrique qui stimule les cellules voisines. Cet ensemble de cellules constitue le tissu nodal.

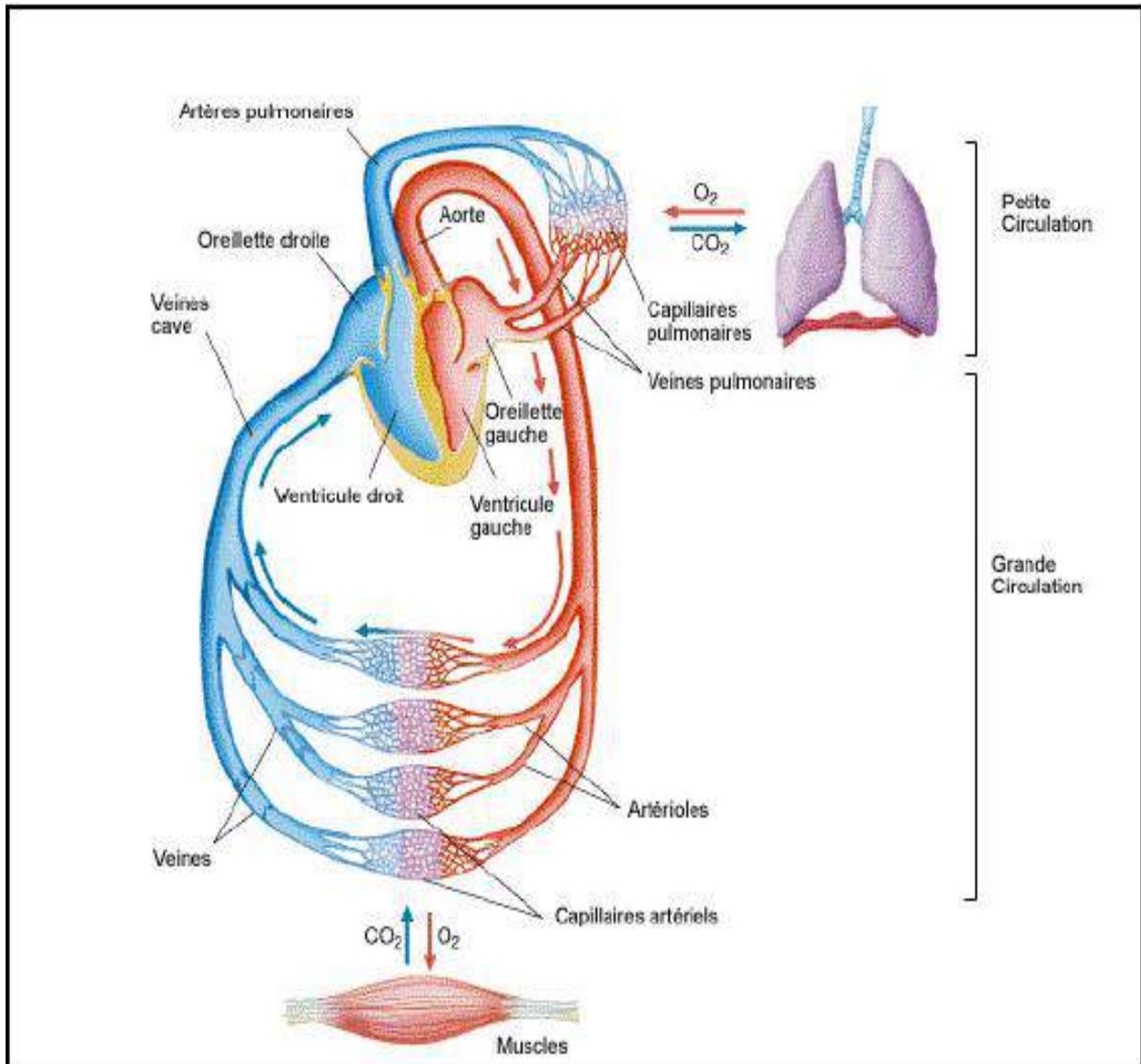
Deux amas cellulaires :

- ✓ Nœud sinusal ou Keith et Flack.
- ✓ Nœud auriculo-ventriculaire ou nœud de Aschoff-Tawara.

© The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



**Figure 31 : Les principales Veines, Arteres, Valvules du coeur**



**Figure 32: La circulation pulmonaire et la circulation systémique**

Prolongement par le faisceau de His, division en 2 branches : réseau de fibres de Purkinje.

Naissance du processus de stimulation du cœur dans le nœud sinusal.

Nœud sinusal = pace-maker impose son rythme à tout le cœur = rythme sinusal.

Propagation aux oreillettes qui se contractent en bloc. Relayée par le nœud auriculo-ventriculaire, atteint l'ensemble des 2 ventricules par le faisceau de His et le réseau de Purkinje (figure 33).

### **III.3.2. Le potentiel d'action cardiaque**

#### **III.3.2.1. L'électrocardiogramme**

Tout muscle en travail est le siège d'une onde de dépolarisation, c'est à dire d'un courant qui peut être enregistré par deux électrodes placées judicieusement (figure 34).

Le cœur, comme n'importe quel muscle, produit un courant. Du fait de son rôle capital dans l'organisme et de la complexité de son fonctionnement, l'étude électrique du cœur, ou électrocardiographie, a pris une très grande importance en physiologie et pathologie cardiaques.

L'électrocardiogramme est le résultat de l'enregistrement de l'activité électrique du cœur, étudiée sous des <<angles>> différents.

Plus ces points d'études différents, appelés dérivations (points où sont placés des électrodes), seront nombreux et se recouperont, plus le <<portrait>> électrique de l'activité cardiaque ainsi obtenu sera exact.

Electrocardiogramme (ECG) : enregistrement de l'activité électrique du cœur.

L'activité électrique cardiaque peut être suivie à partir de la peau (Marey, Waller 1880).

Chaque phase du battement possède une trace électrique particulière.

#### **III.3.2.2. Le cycle cardiaque**

Alternance de contractions et de relaxations : pompe propulsant le sang. Le cycle cardiaque est le patron de répétitions des contractions et des relaxations (figure 35).

Deux phases principales : diastole et systole. Le sang circule d'un système à haute pression vers un système à basse pression.

Phase 1: Diastole générale – Écoulement passif du sang des oreillettes vers ventricules.

Phase 2 : Systole auriculaire – Contraction des oreillettes et remplissage actif des ventricules.

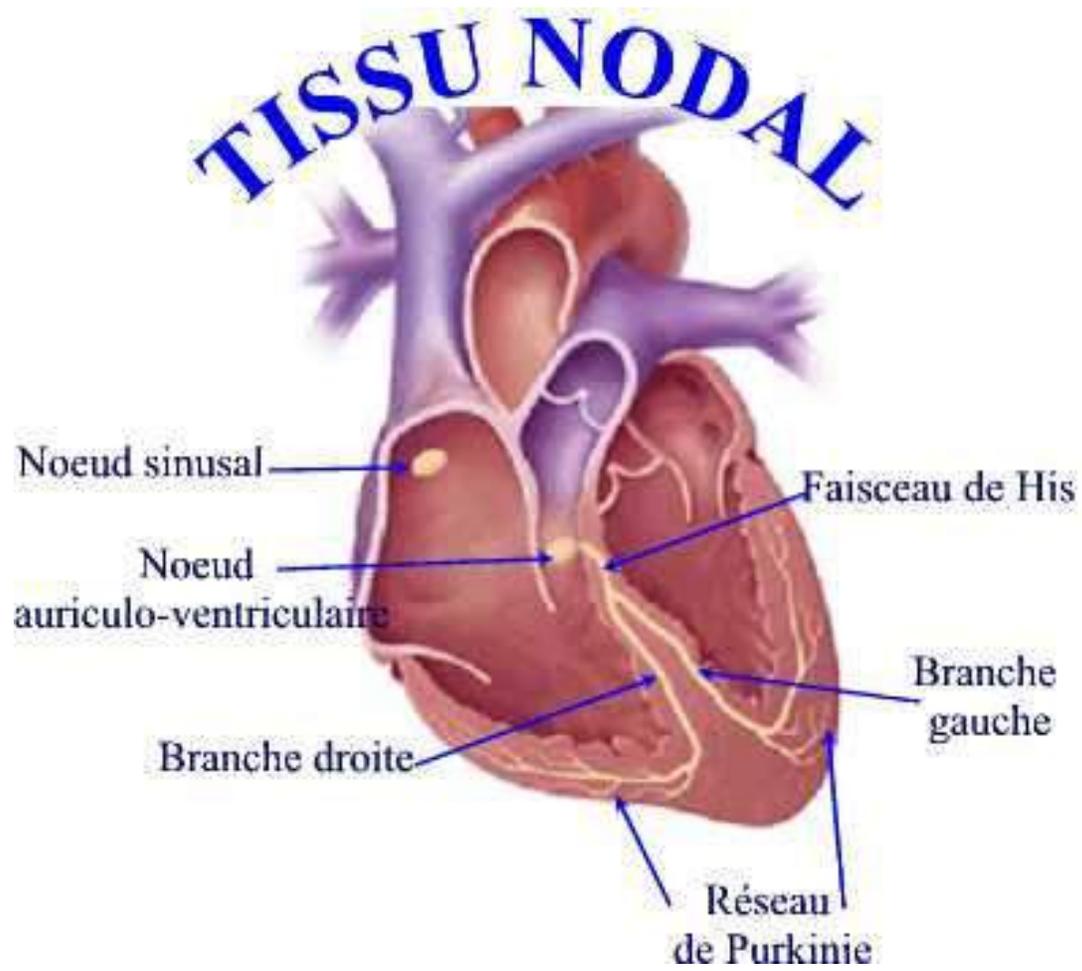


Figure 33: Tissu nodal

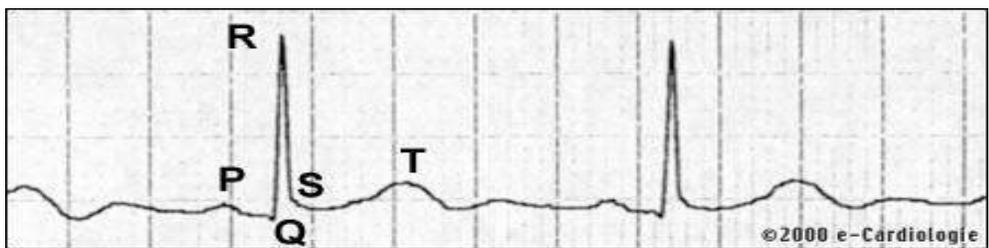
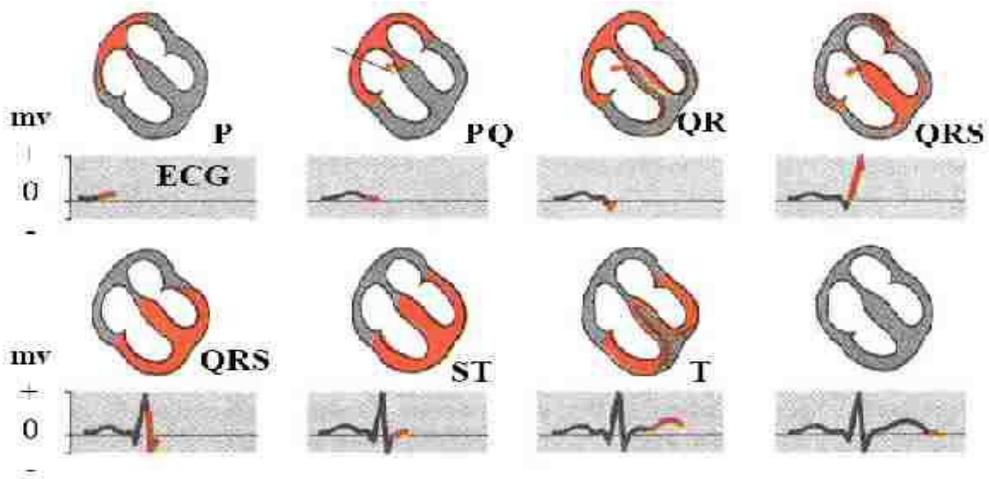
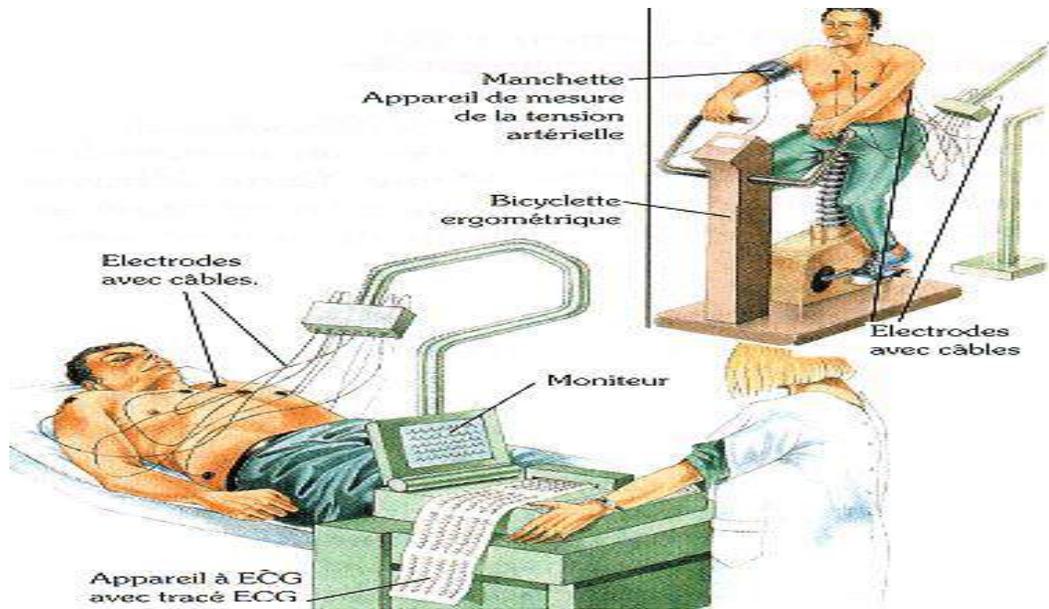


Figure 34 : L'électrocardiogramme (ECG)

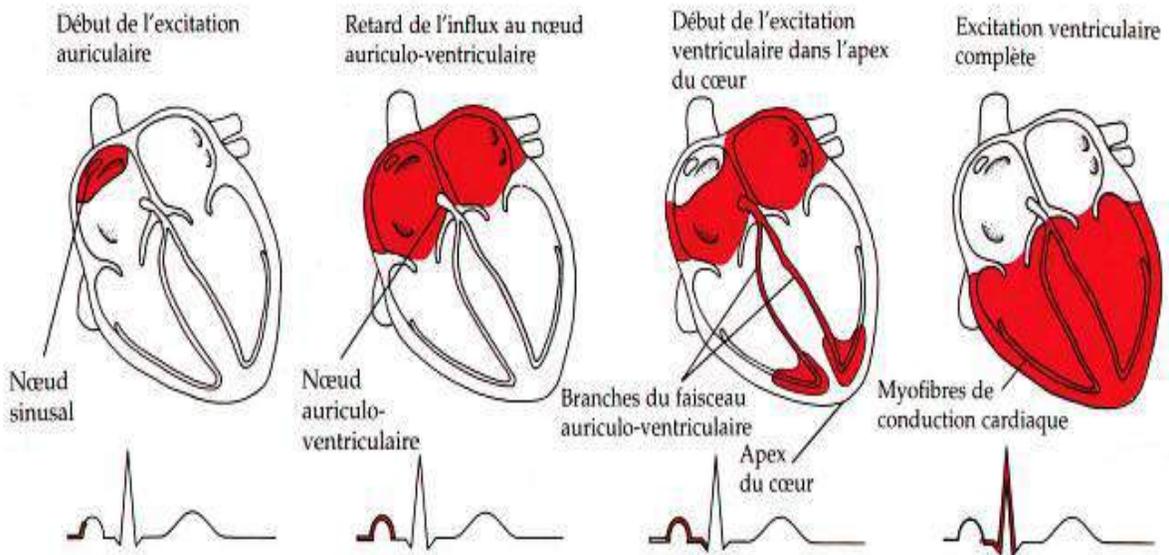
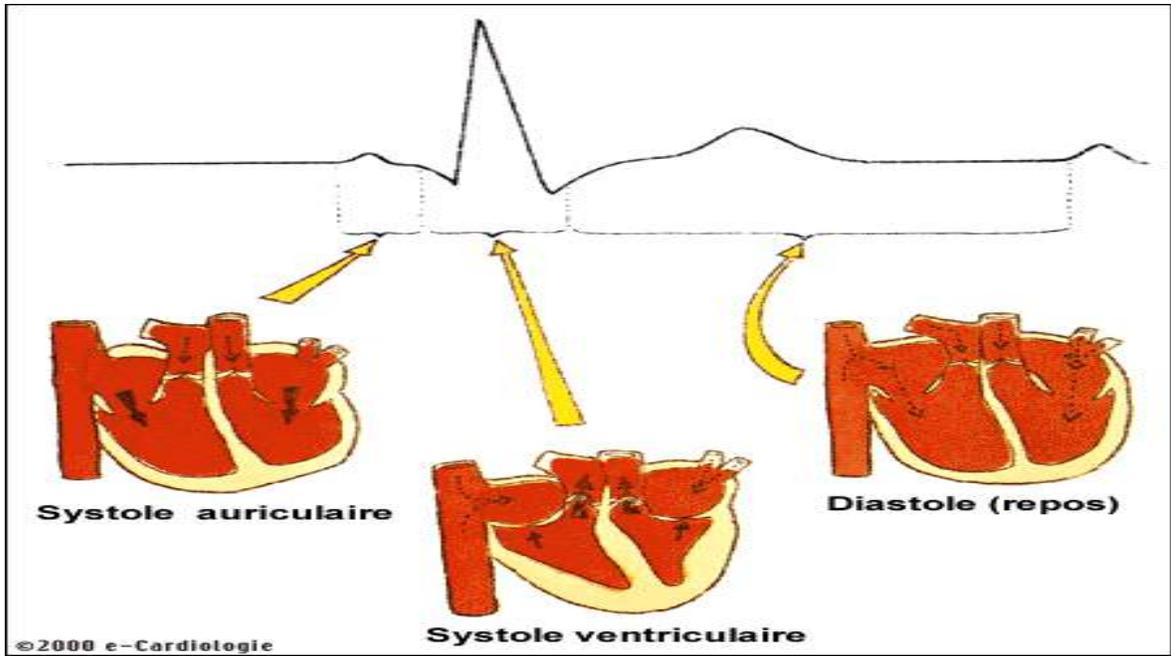


Figure 35: Le cycle cardiaque

Phase 3 : Diastole auriculaire – relâchement des oreillettes.

Phase 4 : Systole ventriculaire – Contraction des ventricules et écoulement passif de sang dans les oreillettes. Ejection du sang dans l'aorte

Phase 5 : Diastole ventriculaire : relâchement des ventricules.

Pour fonctionner comme une pompe, le cœur répète successivement deux phases :

Dépolarisation des cellules qui provoque la systole : phase de contraction.

Repolarisation des cellules qui provoque la diastole phase de relâchement qui permet le remplissage des oreillettes et des ventricules.

Un cycle cardiaque comprend donc une alternance de phénomènes électriques et mécaniques.

### **III.3.3. Phénomènes régulateurs**

Le muscle cardiaque est doué d'un fonctionnement automatique, mais non complètement autonome. Le cœur doit en effet s'adapter aux besoins de l'organisme (travail musculaire) ou subir certains contre coups (tachycardie de la peur ou de l'émotion).

#### **III.3.3.1. Régulation intrinsèque**

Les fibres cardiaques ont une capacité d'adaptation leur permettant une augmentation de puissance de contraction d'un muscle. Lors d'un travail la dilatation permet d'allonger ses fibres.

#### **III.3.3.2. Régulation extrinsèque**

Chez l'homme sain l'adaptation aux besoins de l'organisme est assurée par le système neurovégétatif, qui peut agir sur l'accélération de la fréquence cardiaque, l'adaptation instantanée du rythme respiratoire ...

Le système nerveux de contrôle du cœur est le système neurovégétatif, sympathique et parasympathique, qui comprend:

- ✓ Des centres supérieurs, cardio-régulateurs.
- ✓ Des nerfs moteurs, accélérateurs et modérateurs, qui transmettent directement à la pompe cardiaques les ordres des centres.

### **III.3.3.2.1. Rythme cardiaque et système parasympathique**

Le système parasympathique, dont le médiateur est l'acétylcholine, est cardio-modérateur.

- ✓ Ralentit le cœur en allongeant la diastole.
- ✓ Diminue la puissance de la systole auriculaire.
- ✓ Allonge le temps de conduction auriculo-ventriculaire.
- ✓ Affaiblit le tonus du myocarde.

Les centres cardio-régulateurs parasympathiques sont situés dans le bulbe. Leur nerf Moteur est le nerf pneumogastrique, appelé aussi nerf vague, dixième paire de nerfs crâniens. Ce nerf, parmi ses multiples fonctions, possède un contingent de fibres destinées au cœur. Les fibres se ramifient à la presque totalité des tissus cardiaques.

Le nerf pneumogastrique ou vague impose en permanence un certain ralentissement au rythme cardiaque spontané, c'est ce qu'on appelle le tonus vagal modérateur . Ce tonus vagal freine à 70-80 le rythme cardiaque sinusal qui est à 120-130/min spontanément.

### **III.3.3.2.2. Rythme cardiaque et système sympathique**

Le système sympathique, dont le médiateur chimique est la noradrénaline, est cardio-accélérateur

- ✓ Accélère le cœur en raccourcissant sa diastole.
- ✓ Augmente la puissance de la systole auriculaire.
- ✓ Abrège le temps de conduction auriculo-ventriculaire.
- ✓ Renforce le tonus du myocarde.

Les centres cardio-accélérateurs sympathiques sont situés dans la corne antérieure de la moelle rachidienne.

Les nerfs sympathiques imposent en permanence une certaine accélération au rythme cardiaque spontané. Cependant, ce tonus accélérateur est masqué normalement par le tonus vagal ralentisseur plus puissant que lui.

### III.4. Pression artérielle et système cardiaque

Il existe une étroite relation hydraulique entre débit cardiaque, donc rythme cardiaque, et pression artérielle. Les centres cardio-régulateurs sont directement reliés à des indicateurs de pression artérielle ou barorécepteurs situés d'une part au niveau de la crosse de l'aorte, d'autre part au niveau de la bifurcation de la carotide.

Une baisse de la pression artérielle détectée par les baro-récepteurs de ces détecteurs, entraîne immédiatement une accélération du rythme cardiaque par suppression du tonus vagal ralentisseur. Une élévation de pression artérielle entraîne inversement un ralentissement cardiaque.

Volume d'éjection systolique (VES) : Volume de sang éjecté du cœur par les ventricules à chaque contraction (100 ml).

Volume télédiastolique (VTD) : Volume de sang contenu dans les ventricules juste avant la systole ventriculaire (160 ml) = volume précharge.

Volume télésystolique (VTS) : Volume de sang contenu dans les ventricules à la fin de chaque systole (60 ml) = volume postcharge.

$$VES = VTD - VTS$$

Fréquence cardiaque (Fc) : nombre de contractions ventriculaires par seconde, est exprimée en battements par minute bats/min (moyenne = 60 - 70 bats/min).

Fc max = variable suivant les individus, elle diminue progressivement avec l'âge et avec l'entraînement.

Débit cardiaque (Qc) = volume de sang expulsé par chaque ventricule par unité de temps. Exprimé en litre par minute.

$$Qc = VES \times Fc$$

Qc moyen = 5 l/ min. Varie en fonction des besoins de l'organisme.

# Chapitre IV

## Appareil respiratoire

## **IV.1. Appareil respiratoire**

L'appareil respiratoire est l'appareil (ensemble d'organes), qui permet la respiration, c'est-à-dire les échanges gazeux entre l'organisme et l'environnement.

Chez les animaux, la respiration désigne à la fois les mécanismes qui permettent les transferts de gaz entre l'organisme et l'environnement (absorption de dioxygène O<sub>2</sub> et rejet de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>).

### **IV.1.1. Voies respiratoires**

#### **IV1.1.1. Fosses nasales**

Les cavités nasales ou fosses nasales sont deux espaces séparés par une cloison : le septum nasal. Cavités irrégulières, tapissées par une muqueuse très richement vascularisée. Surface de contact air / muqueuse multipliée (cornets).

Elles sont situées :

- ✓ Au-dessus de la cavité buccale.
- ✓ Au-dessous de la cavité crânienne.
- ✓ En dedans des cavités orbitaires et des sinus maxillaires.
- ✓ En avant du rhinopharynx.

Les fosses nasales constituent la partie supérieure de l'appareil respiratoire. De plus, elles contiennent les organes impliqués dans l'olfaction.

##### **IV.1.1.1.1. Rôles des Fosses nasales**

- ✓ Réchauffement.
- ✓ Humidification.
- ✓ Et filtration de l'air inspiré.

#### **IV.1.1.2. Pharynx**

Il se situe entre le nez et la trachée. est un carrefour aéro-digestif entre les voies aériennes (de la cavité nasale au larynx) et les voies digestives (de la cavité buccale ou bouche à l'œsophage). Il travaille étroitement avec le larynx pour contrôler l'ouverture et la fermeture du tube respiratoire (trachée) et du tube digestif (œsophage). Zone commune aux voies aériennes et

aux voies digestives. Implantation des amygdales et végétations et implantation d'un repli muqueux venant obturer l'orifice de la trachée lors de la déglutition : l'épiglotte (figure 36).

#### **IV.1.1.2.1. Rôles du Pharynx**

- ✓ Déglutition : séparation air / solides et liquides (épiglotte), carrefour aéro-digestif.
- ✓ Défense contre l'infection (amygdales et végétations).
- ✓ La respiration.
- ✓ L'audition.

#### **IV.1.1.3. Larynx**

Le larynx est un organe cartilagineux de l'appareil respiratoire situé au niveau de la gorge. Il est situé antérieurement au carrefour aéro-digestif que constitue le pharynx. Il est ainsi l'intermédiaire entre le pharynx et la trachée et abrite les cordes vocales. Il fait partie des voies aériennes. Il ferme l'accès aux voies respiratoires pendant que la nourriture est envoyée dans le tube digestif. Correspond à la « pomme d'Adam », forme l'orifice supérieur de la trachée : la glotte (figure 37).

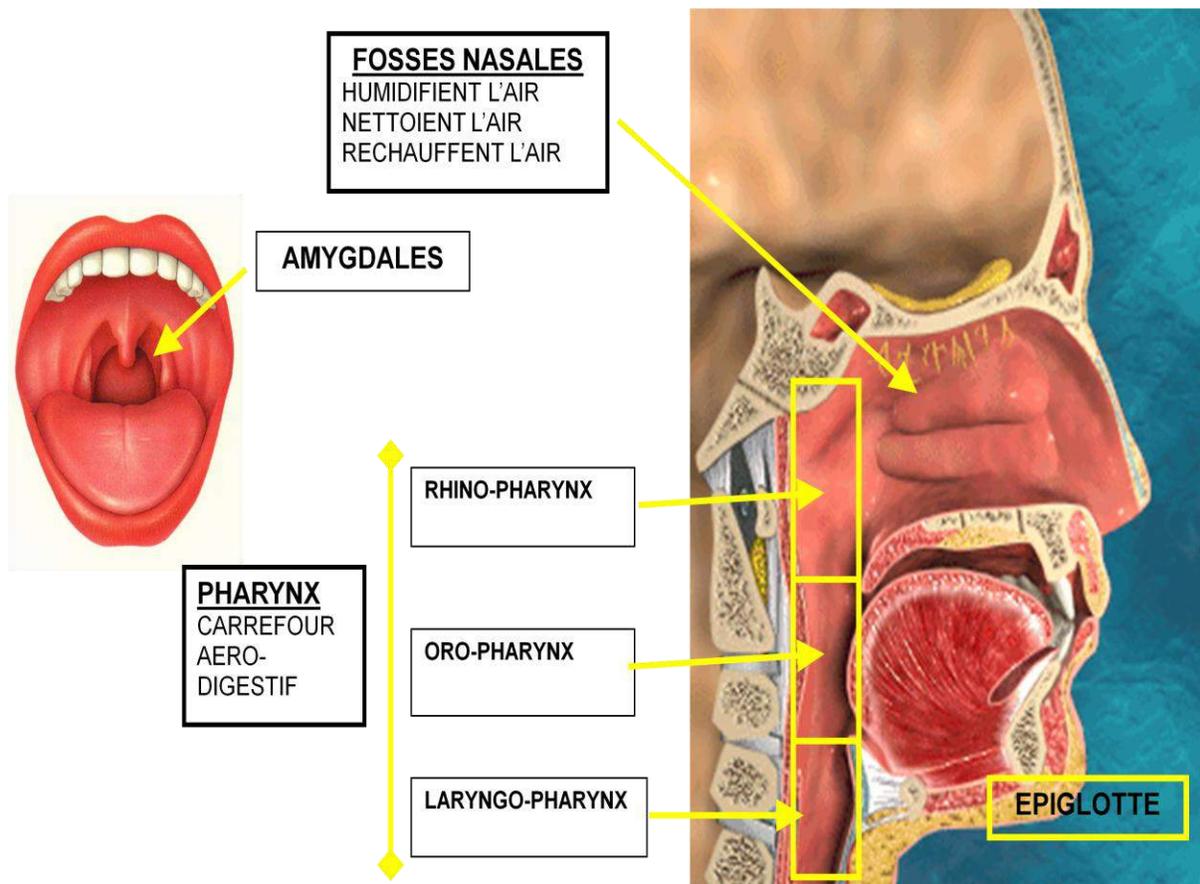
##### **IV.1.1.3.1. Rôle du Larynx**

Le larynx assume trois fonctions :

- ✓ Organe de la phonation, organe de la production de sons : son rôle phonatoire est très important, bien que non vital.
- ✓ Une fonction respiratoire, faisant partie intégrante des voies respiratoires.
- ✓ Un rôle dans la déglutition : sa fermeture protège les voies aériennes inférieures.

#### **IV.1.1.4. Trachée**

La trachée est un conduit constitué de tissu fibreux et cartilagineux reliant le larynx en haut aux bronches principales gauche et droite en bas. Appartenant à l'appareil respiratoire, elle permet de conduire l'air entre ces structures. La trachée est le conduit élastique fibro-cartilagineux reliant le larynx aux bronches. Elle permet, lors de la respiration, de conduire l'air depuis le larynx vers les bronches pendant l'inspiration, et inversement pendant l'expiration.



**Figure 36: Les voies respiratoires**

La trachée naît dans le cou au niveau de la sixième vertèbre cervicale et fait suite au larynx. Elle plonge ensuite dans le thorax où elle chemine dans le médiastin (à l'arrière du sternum et entre les poumons) avant de se diviser en bronches souches droite et gauche. La bifurcation trachéale est appelée « carène trachéale ». Elle chemine à l'avant de l'œsophage, avec qui elle partage sa microvascularisation.

La trachée mesure entre 120 et 150 mm de long pour 14 à 15 mm de diamètre. Elle comporte de 16 à 20 éléments cartilages en forme de fer à cheval, placés horizontalement et dont la partie ouverte regarde en arrière. Ces éléments sont superposés, et séparés par du tissu fibreux. Ils forment les parois antérieure et latérales de la trachée. La paroi postérieure est une fine membrane musculaire lisse (figure 38).

#### **IV.1.1.4.1. Rôles de la trachée**

- ✓ Conduction de l'air.
- ✓ Humidification et épuration de l'air inspiré.

#### **IV.1.2. Bronches et bronchioles**

Les Bronches sont deux tubes d'environ 12 mm de diamètre qui se dirigent vers la gauche et vers la droite et qui conduisent l'air aux bronchioles dans chaque poumon.

Chaque bronche souche (droite et gauche) se divise en ramifications de plus en plus fines. Tout le circuit aérien est tapissé d'une muqueuse riche en cellules à cils vibratiles et productrices de mucus. Les bronchioles terminales terminent les voies aériennes en doigts de gant au niveau des lobules pulmonaires.

#### **IV.1.3. La zone d'échange**

##### **IV.1.3.1. Poumons**

Le poumon est un organe invaginé permettant d'échanger des gaz vitaux, notamment l'oxygène et le dioxyde de carbone. L'oxygène est nécessaire au métabolisme de l'organisme, et le dioxyde de carbone doit être évacué.

L'homme possède deux poumons, gauche et droit, deux organes thoraciques, séparés l'un de l'autre, au centre, par le médiastin. Ils sont posés sur le diaphragme et protégés par la cage thoracique en avant, en dehors et en arrière, sauf au niveau de leur sommet, car ils dépassent

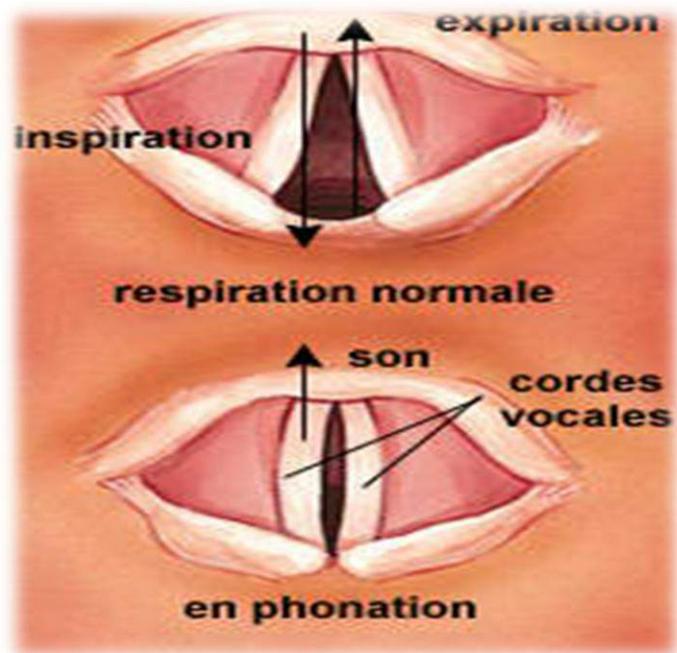


Figure 37: Organe de la phonation (Larynx)



Figure 38: La Trachée

ventralement le bord supérieur de la première côte, et montent même jusqu'au-dessus de la clavicule, à la base du cou, dans le creux supraclaviculaire.

Le poumon droit est divisé en trois lobes (supérieur, moyen et inférieur), le gauche divisé en deux (supérieur et inférieur). À gauche, la partie linguale du lobe supérieur correspond au lobe moyen droit, tandis que la partie culminale (*culmen*) correspond au lobe supérieur droit. Les lobes sont séparés par des scissures, deux à droite (la grande ou « oblique », et la petite ou « horizontale ») et une à gauche (l'oblique), (figure 39).

#### **IV.1.3.2. Alvéole pulmonaire**

Minuscules poches d'air d'environ 0,2 mm de diamètre. Les poumons d'un être humain comportent environ 300 millions d'alvéoles.

L'alvéole est l'unité fonctionnelle de l'appareil respiratoire. Sac microscopique et le siège des échanges gazeux. Plusieurs centaines de millions par poumon, 200 m<sup>2</sup> de surface totale, 70 m<sup>2</sup> de contact air/sang

Tapissée d'un liquide tensioactif permettant de garder l'alvéole ouverte : le surfactant.

Unité alvéolo-capillaire

- ✓ Contact intime entre une alvéole pulmonaire et un capillaire pulmonaire.
- ✓ Formation d'une seule entité entre les deux parois : la membrane alvéolo-capillaire.
- ✓ Permettant les échanges gazeux air / sang.

#### **IV.1.4. La cage thoracique**

##### **IV.1.4.1. Grill costal**

Douze paires de côtes (droites et gauches), articulées avec le sternum en avant et articulées avec les vertèbres dorsales en arrière (figure 40).

##### **IV.1.4.2. Diaphragme**

Le diaphragme est un organe formé de tissus musculaires. Lorsqu'il se contracte, il provoque l'inspiration de l'air dans le système respiratoire. Lorsqu'il se relâche, l'air est expiré.

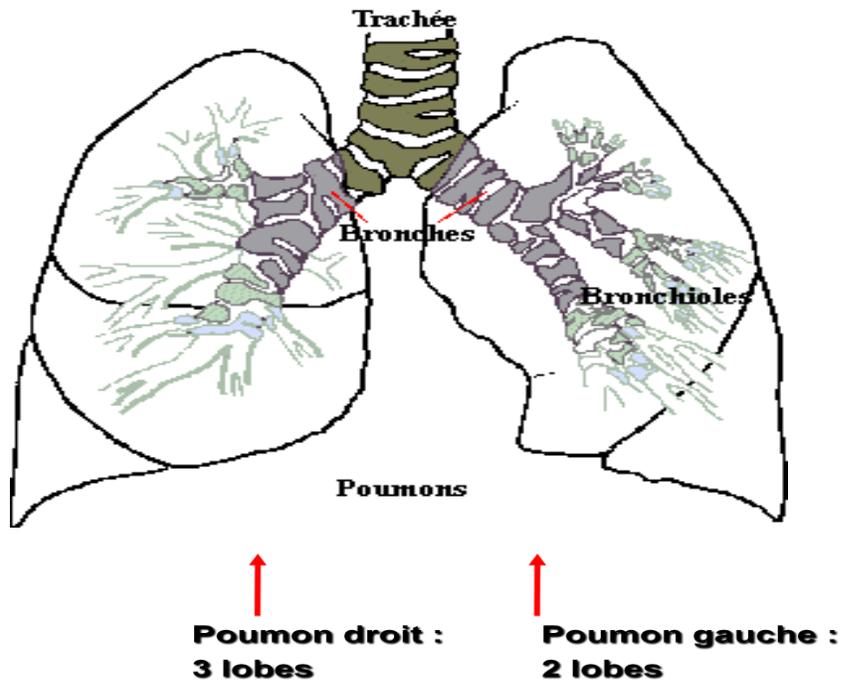


Figure 39: Les Pouxons

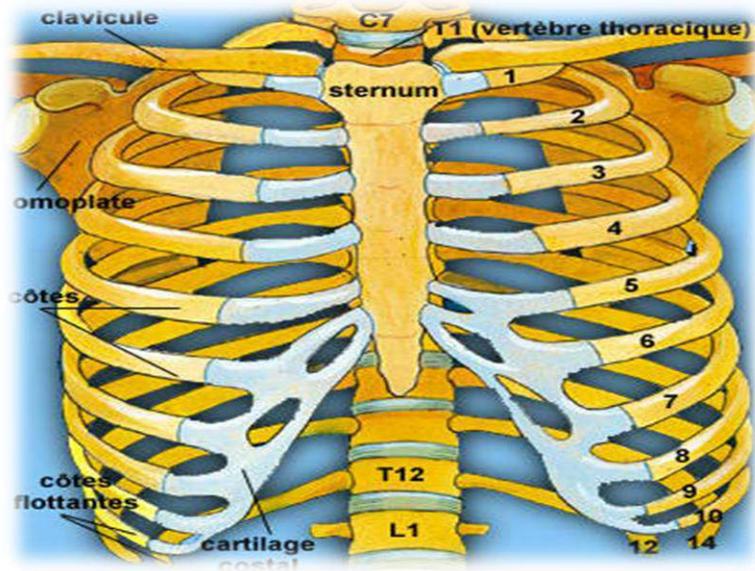


Figure 40: La cage thoracique

#### **IV.1.4.3. Plèvre**

La plèvre pariétale, située contre la paroi thoracique, de la plèvre viscérale, accolée aux poumons (figure 41). Les deux cavités pleurales (droite et gauche) ne sont pas reliées entre elles. Les feuillets des deux plèvres se rejoignent par différents sinus pleuraux. Comme toutes séreuses, elles ont un rôle pour diminuer les frottements occasionnés par les mouvements (respiratoire en l'occurrence). Elles sont tapissées par un épithélium sécrétant en petite quantité un liquide lubrifiant.

### **IV.2. Les centres neurologiques**

#### **IV.2.1. Bulbe rachidien**

Se trouve au niveau des premières vertèbres cervicales, il est l'emplacement des centres de contrôles automatiques respiratoires (figure 42). Il permet une analyse permanente du taux de gaz carbonique sanguin (capteurs).

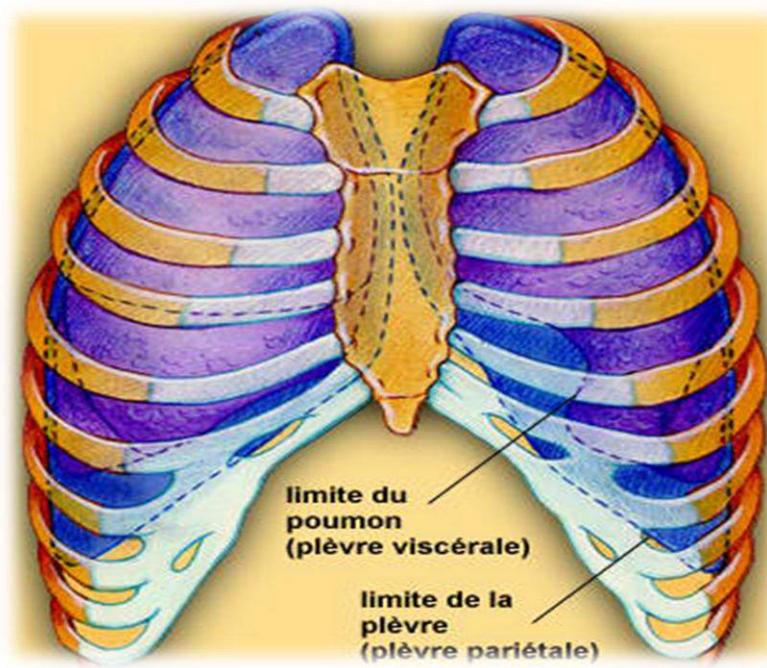
#### **IV.2.2. Voies nerveuses**

Permettant les échanges d'information entre le cerveau et les centres respiratoires et entre les centres respiratoires et le système pulmonaire.

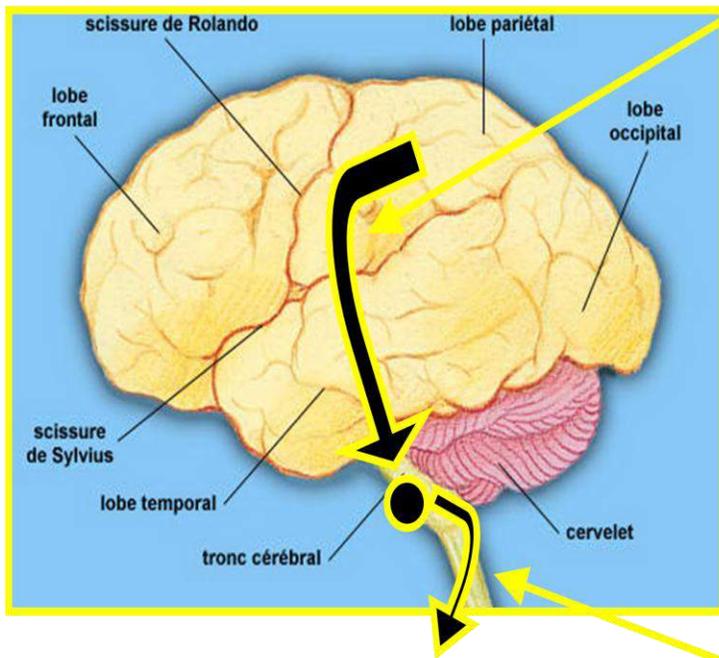
### **IV.3. Les réflexes de sécurité**

#### **IV.3.1. La déglutition**

La déglutition est l'action d'avaler. Le terme concerne aussi bien l'action d'avaler sa salive après la mise en occlusion des arcades dentaires que le déplacement de la nourriture mâchée jusqu'à l'estomac. Elle fait partie de la manducation, c'est-à-dire de l'ensemble des opérations syllabiques et techniques (préhension, mastication, insalivation, déglutition) antérieures à la digestion dans le tube digestif. La déglutition est première protection de l'arbre trachéo-bronchique. Fermeture de la glotte (larynx) par l'épiglotte, élévation et poussée en arrière de la base de langue, élévation du voile du palais (figure 43).



**Figure 41:** Les feuillets des deux plèvres



**VOIES NERVEUSES :**

Permettent les échanges d'informations entre le cerveau et le centre de contrôle automatique respiratoire du bulbe rachidien

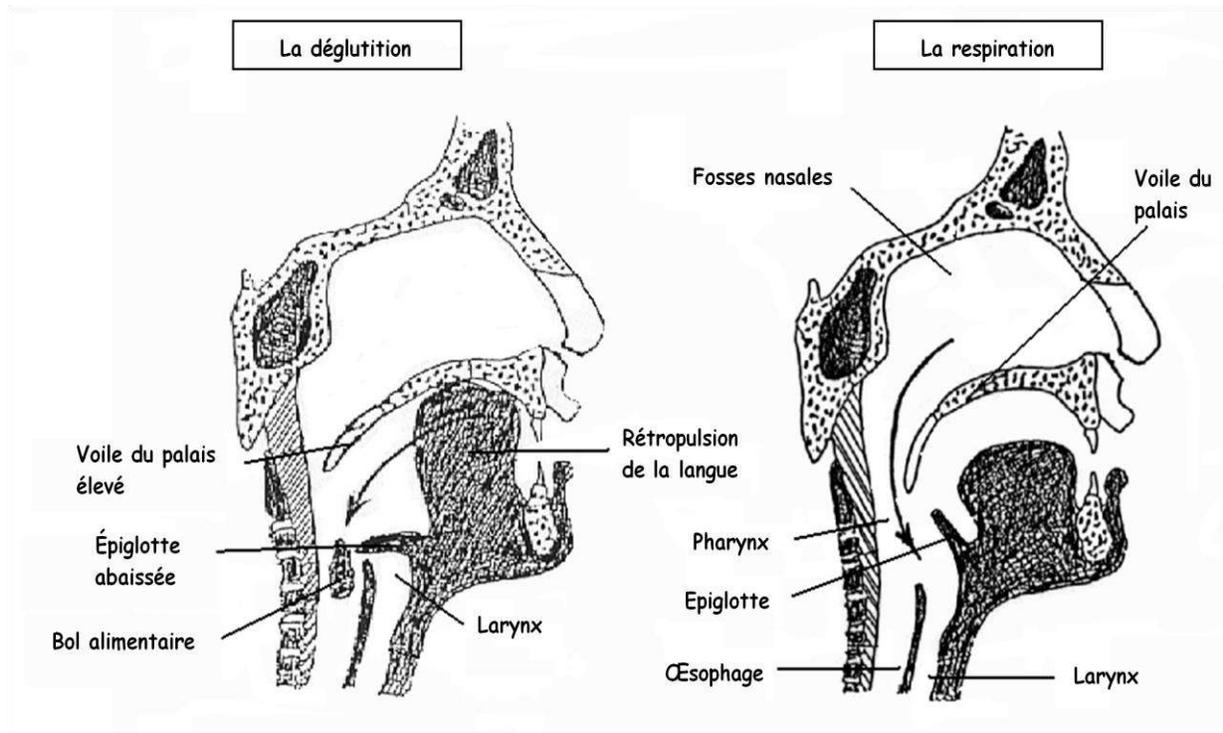
**CENTRES DE CONTROLE RESPIRATOIRE :**

Ils se situent au niveau du bulbe rachidien jonction entre le cerveau et la moelle épinière. Analyse permanente du taux de CO<sub>2</sub> dans le sang et adaptation de la ventilation en fonction de ce taux.

**VOIES NERVEUSES :**

Envoient les informations des centres respiratoires bulbaires vers les muscles respiratoires. En cas de lésion de la moelle au dessus de la 4<sup>ème</sup> vertèbre cervicale, risque d'atteinte de la fonction respiratoire.

**Figure 42: Les centres neurologiques**



**Figure 43: Les réflexes de sécurité (La déglutition)**

### **IV.3.2. La toux**

Deuxième protection de l'arbre trachéo-bronchique. Chasse des voies aériennes les gaz irritants ou les particules de toute nature qui pourraient s'y trouver. Expulsion rapide du gaz alvéolaire à très haute vitesse et avec de fortes turbulences.

Action conjuguée de la contraction diaphragmatique à glotte fermée, suivie de l'ouverture brutale des voies aériennes supérieures.

### **IV.4. La physiologie du système respiratoire**

Les principales fonctions du système respiratoire sont :

- ✓ Fournir de l'oxygène à l'organisme.
- ✓ Débarrasser le gaz carbonique.

Ceci est possible grâce à la respiration, qui nécessite quatre phénomènes essentiels :

- ✓ La ventilation pulmonaire.
- ✓ La respiration externe.
- ✓ Le transport des gaz respiratoires.
- ✓ La respiration interne.

#### **IV.4.1. La ventilation pulmonaire (respiration)**

La ventilation pulmonaire ou respiration est le renouvellement de l'air contenu dans les poumons par l'action des muscles respiratoires dont le principal est le diaphragme. En médecine et en biologie, le terme « respiration » désignant la production d'énergie par les cellules, la dénomination de ventilation pulmonaire est préférée pour éviter toute confusion. Elle comprend deux temps : l'entrée d'air dans les poumons lors de l'inspiration et la sortie d'air lors de l'expiration.

#### **IV.4.2. La respiration externe**

Désigne l'échange gazeux qui se produit entre les capillaires des poumons et les alvéoles pulmonaires.

### **IV.4.3. Le transport des gaz respiratoires**

C'est ce qui désigne l'entrée de l'oxygène et du gaz carbonique dans les poumons et les tissus, et leur sortie par la circulation sanguine.

**IV.4.4. La respiration interne** (respiration cellulaire): c'est l'échange entre les cellules et le sang.

### **IV.4.5. La mécanique de la ventilation**

#### **IV.4.5.1. Inspiration**

L'inspiration est l'une des phases de la respiration consistant à absorber l'air, à l'opposé de l'expiration.

Phénomène actif, entrée de l'air. Action du diaphragme, qui se contracte entre deux points fixes.

Augmentation de volume de la cage thoracique avec diminution de la pression intra thoracique.

Pénétration de l'air dans les voies aériennes, les poumons se dilatent et l'air y pénètre (figure 44).

#### **IV.4.5.2. Expiration**

Une phase de la respiration consistant à expulser de l'air, à l'opposé de l'inspiration.

Phénomène passif, sortie de l'air. Élasticité de la cage thoracique avec retour à la normale du volume de la cage thoracique. Sortie de l'air expiré **et** relâchement des muscles. La cage thoracique s'abaisse et le diaphragme se relâche et se soulève **et** les poumons se contractent et l'air en sort (figure 45).

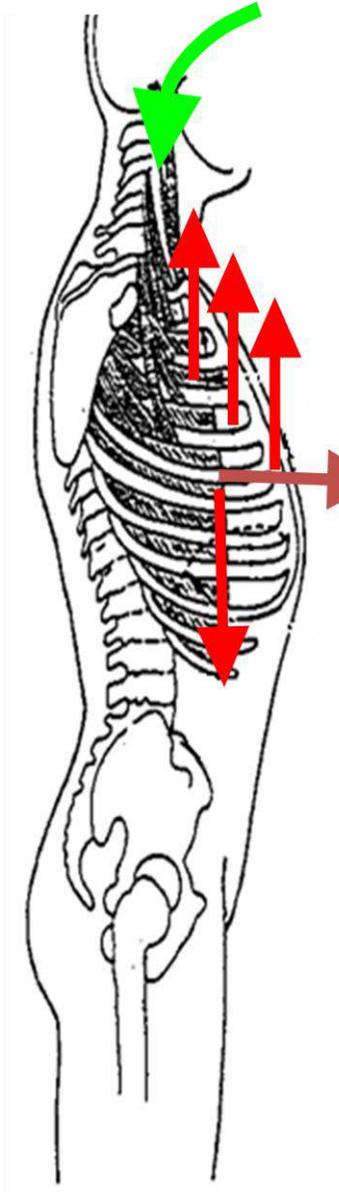
### **IV.5. Les échanges alvéolo-capillaires**

#### **IV.5.1. Oxygène**

Arrive avec l'air ambiant dans l'alvéole pulmonaire, lors de l'inspiration. Passe la membrane alvéolo-capillaire, par diffusion et pénètre dans le sang et se fixe à l'hémoglobine du globule rouge (figure 46).

#### **IV.5.2. Gaz carbonique**

Transporté par le plasma et les globules rouges et passe la membrane alvéolo-capillaire, par diffusion. Expulsé hors des voies aériennes, lors de l'expiration.



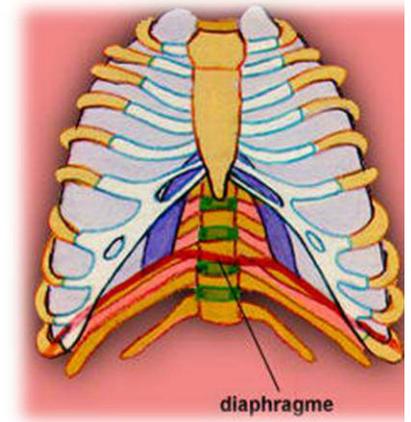
**Inspiration : phénomène actif**

**Contraction du diaphragme,  
des muscles éleveurs des  
côtes et des intercostaux**

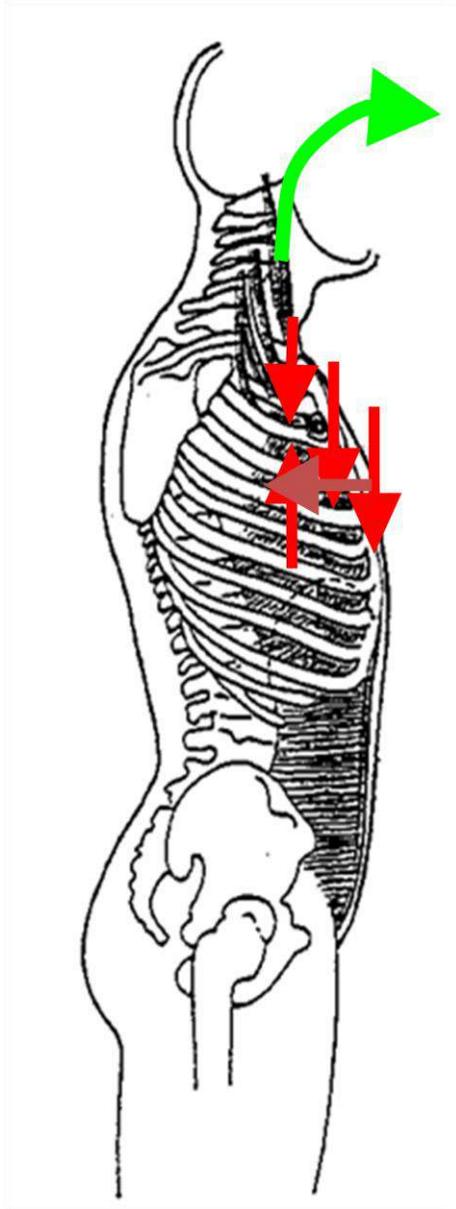
**Augmentation de volume de la  
cage thoracique**

**Les poumons, extensibles, attachés  
à la cage thoracique par la plèvre,  
augmentent de volume**

**Entrée de l'air**



**Figure 44: L' inspiration**



**Expiration : phénomène passif**

**Relâchement du diaphragme, des muscles éleveurs des côtes et des intercostaux; le diaphragme remonte**

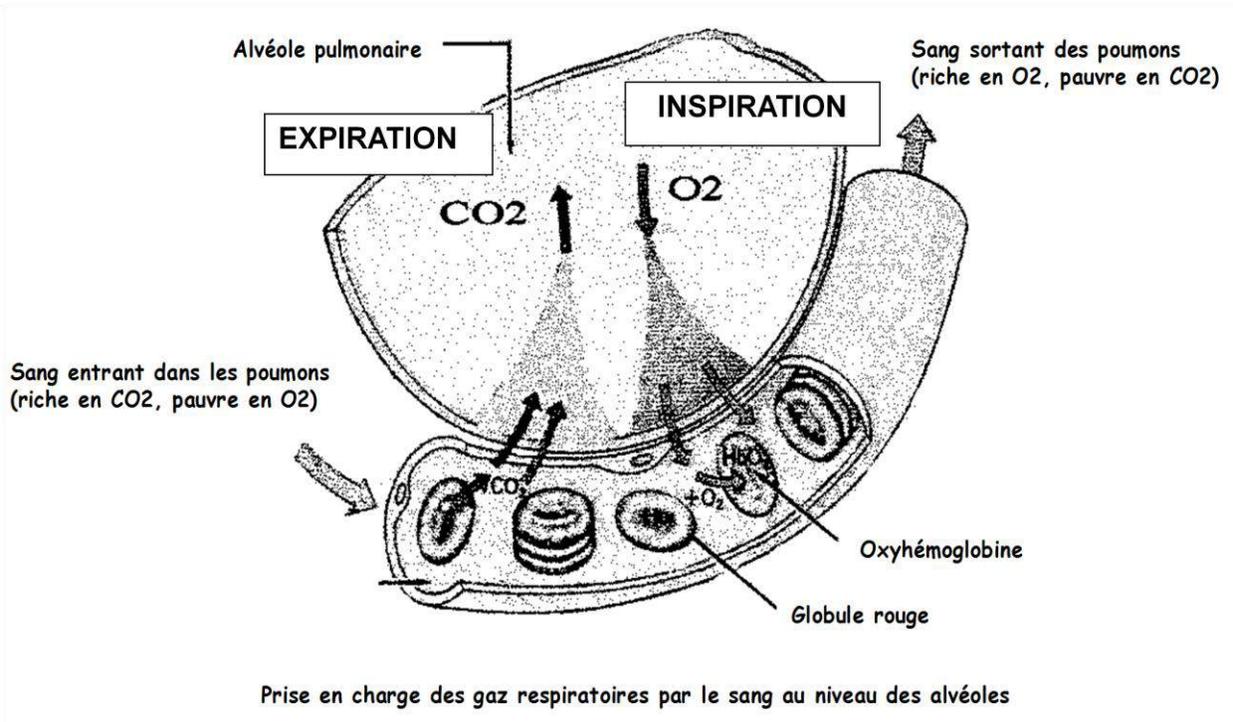
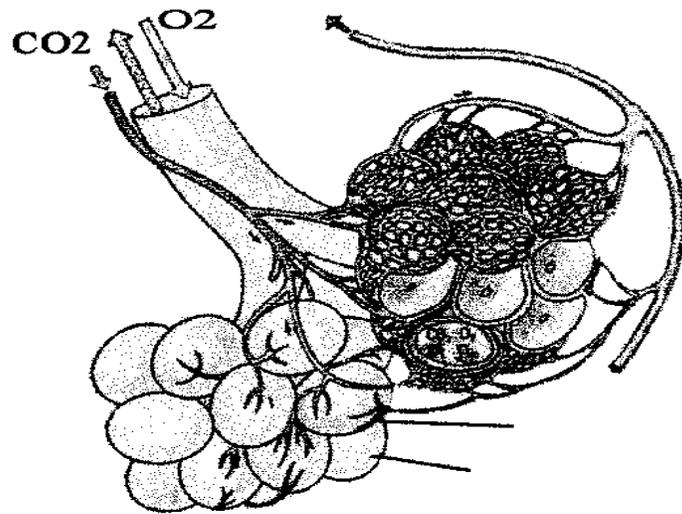
**Les poumons, élastiques, reprennent leur volume initial en tirant sur la cage thoracique**

**Diminution de volume de la cage thoracique**

**Expulsion de l'air**



**Figure 45: L'expiration**



**Figure 46: Les échanges alvéolo-capillaires**

La fréquence respiratoire chez l'adulte est 15 à 20 cycles / min

## **IV.6. La régulation respiratoire**

### **IV.6.1. Gaz carbonique**

Principal stimulus de la respiration. C'est l'excès de gaz carbonique qui tue le malade en premier. Augmentation du CO<sub>2</sub> provoque une augmentation de la fréquence cardiaque.

### **IV.6.2. Oxygène**

Deuxième stimulus de la respiration. Diminution de l'O<sub>2</sub> provoque une augmentation de la fréquence cardiaque.

### **IV.6.3. Autres stimulations**

Douleur, stress, fièvre, effort, émotion, volonté augmentent la fréquence cardiaque. Troubles de conscience, certains médicaments ou toxiques, volonté diminuent la fréquence cardiaque.

## **IV.7. Facteurs influençant la performance respiratoire :**

- ✓ Capacité pulmonaire
- ✓ Force des muscles
- ✓ L'énergie disponible
- ✓ Les médicaments
- ✓ État nutritionnel
- ✓ Situation métabolique

### **IV.7.1. Capacité pulmonaire**

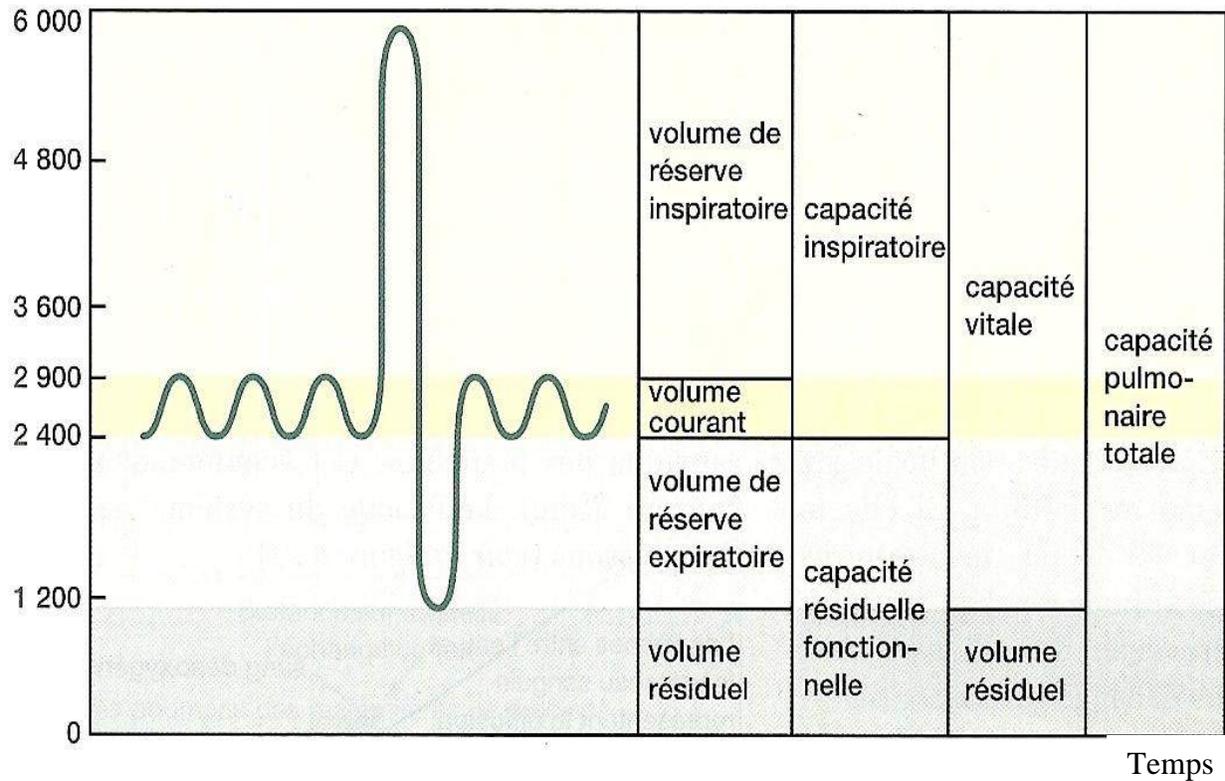
La capacité pulmonaire est le volume d'air pouvant être inspiré. Elle se mesure avec un spiromètre. En général, on mesure trois types de respiration :

- ✓ La respiration « normale », calme, qui donne le volume utilisé au repos d'environ 0,5 litre.
- ✓ La respiration forcée, qui donne la capacité maximale (capacité vitale) d'environ 5 litres.

- ✓ Une expiration brutale, qui donne des renseignements sur les bronchioles, notamment dans le cadre d'une recherche d'asthme.

La capacité de nos poumons augmente jusqu'à la vie adulte et diminue à la vieillesse. Les hommes ont une plus grande capacité pulmonaire que les femmes (environ le double). La raison est simple : ils ont une plus grande taille.

- **Volume courant (VC)** : le volume d'air inspiré et expiré lors d'une respiration normale.
- **Volume de réserve inspiratoire (CVI)** : le volume d'air qui peut être inspiré en plus du volume courant.
- **Volume de réserve expiratoire (VRE)** : le volume d'air qui peut être expiré en plus du volume courant.
- **Capacité vitale (CV)** : le volume total de gaz échangeable (figure 47).
- **Volume résiduel (VR)** : la quantité de gaz qui demeure dans les poumons et les voies respiratoires après une expiration complète.



**Figure 47: La capacité vitale**

Ce diagramme, appelé « Spirogramme », représente la quantité maximale d'air échangeable pendant une respiration, c'est-à-dire la capacité vitale.

# Chapitre V

## Appareil urinaire

## **V.1. Anatomie de l'appareil urinaire**

### **V.1.1. Le Rein**

Organe rétropéritonéal (en arrière de la cavité péritonéale), c'est un organe vital. Le rein droit se situe en arrière du foie, le rein gauche en arrière du pôle inférieur de la rate et de la queue du pancréas. Le rein mesure 12 cm de hauteur sur 6 cm de largeur. Il a la forme d'haricot (figure 48). La glande surrénale repose sur le pôle supérieur du rein.

### **V.1.2. Les voies urinaires**

#### **V.1.2.1. L'uretère**

En anatomie humaine, les uretères sont les deux conduits qui transportent l'urine des bassinets vers la vessie. Les uretères sont des tubes musculaires qui poussent l'urine par des mouvements péristaltiques. Chez l'adulte, ils mesurent habituellement de 25 à 35 cm de long.

#### **V.1.2.2. La vessie**

La vessie est un organe musculaire pelvien creux de la forme d'une pyramide dont l'apex est étirée vers le haut et l'avant. Le remplissage maximal habituel de la vessie est d'une capacité physiologique de 300 à 600 ml chez l'adulte. Au-delà, son remplissage est pathologique et la vessie peut acquérir une forme de globe, d'où le nom de globe vésical (elle peut contenir plus d'un litre avant rupture). De manière physiologique, la contenance de la vessie est en moyenne plus élevée chez les femmes (350-600 cm<sup>3</sup>) que chez les hommes (250-500 cm<sup>3</sup>). La sensation de besoin se fait ressentir à partir d'environ 300 ml.

Chez l'homme, elle est en rapport caudalement avec la prostate, et dorsalement avec le rectum et les vésicules séminales. Chez la femme, elle possède des rapports postérieurs avec le vagin et craniaux avec l'utérus.

#### **V.1.2.3. L'urètre**

En anatomie, l'**urètre** est le canal de sortie de la vessie. Il a une fonction excrétrice dans les deux sexes (sortie de l'urine) et de plus chez l'homme une fonction reproductrice (passage du sperme).

Chez la femme, l'urètre est très court (environ 3,5 cm), pour un diamètre de 6 mm environ, et débouche sur la vulve entre le clitoris et l'ouverture du vagin par le méat urinaire.

Chez l'homme, l'urètre mesure environ 15 cm et débouche à la fin du pénis. Il est plus long que chez la femme, et il est composé de plusieurs parties ayant chacune une fonction. En raison de cette différence de taille, les femmes sont plus sujettes aux infections urinaires basses (cystites). (figure 49).

## V.2. Néphrons

Le néphron est l'unité structurale et fonctionnelle du rein (figure 50). Il permet la formation d'urine.

Le néphron est globalement constitué de deux structures :

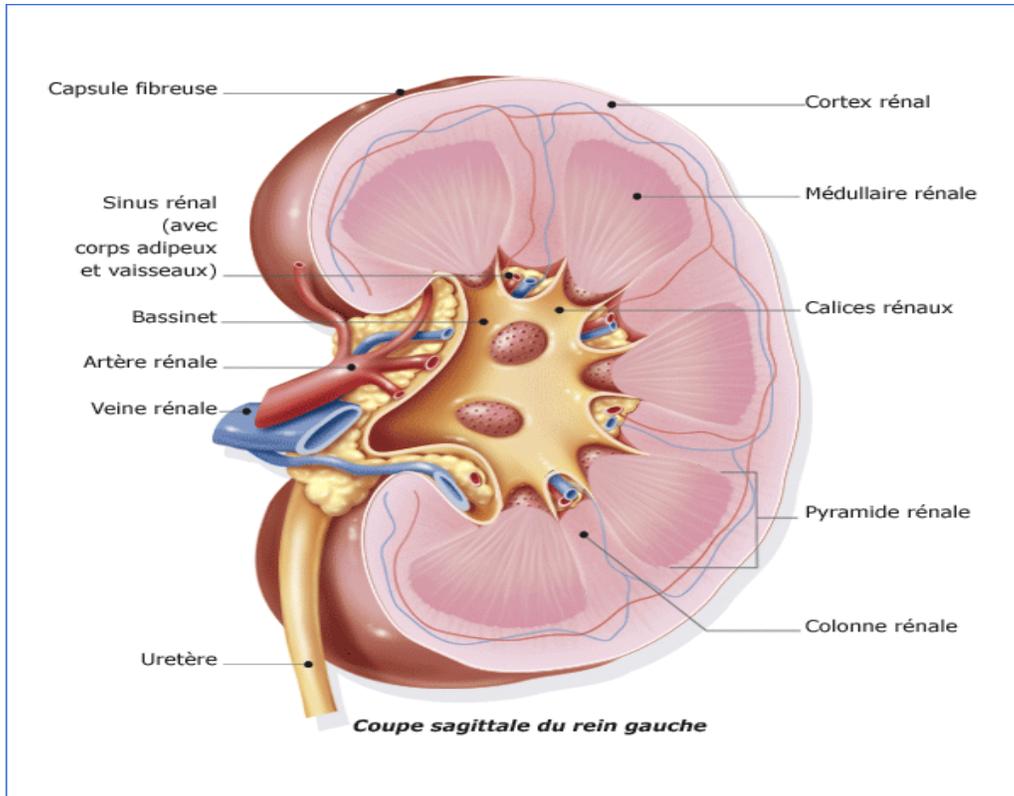
- ✓ Un corpuscule rénal.
- ✓ Un système tubulaire.

Le corpuscule rénal est la portion initiale du néphron, de forme sphérique, où s'effectue le filtrage du plasma. Ce filtrage n'est pas sélectif quant à la nature des solutés présent dans le plasma, bien qu'il ne laisse pas passer les protéines et molécules dont le poids excède 3,6 kDa. Le liquide obtenu est l'ultrafiltrat (également appelé urine primitive), dont le contenu est conditionné à travers le système tubulaire avec lequel il est contigu.

Le corpuscule rénal est la réunion d'une composante vasculaire et d'une composante épithéliale : on a d'un côté le pôle vasculaire, qui contient un lit capillaire en forme de peloton à haute pression appelé le glomérule, et de l'autre côté, le pôle urinaire, où passe l'ultrafiltrat, constitué de la capsule de Bowman. La capsule de Bowman est revêtue de deux feuillets épithéliaux séparés par un espace appelé la chambre urinaire, dans lequel passe l'ultrafiltrat, pour ensuite intégrer le système tubulaire.

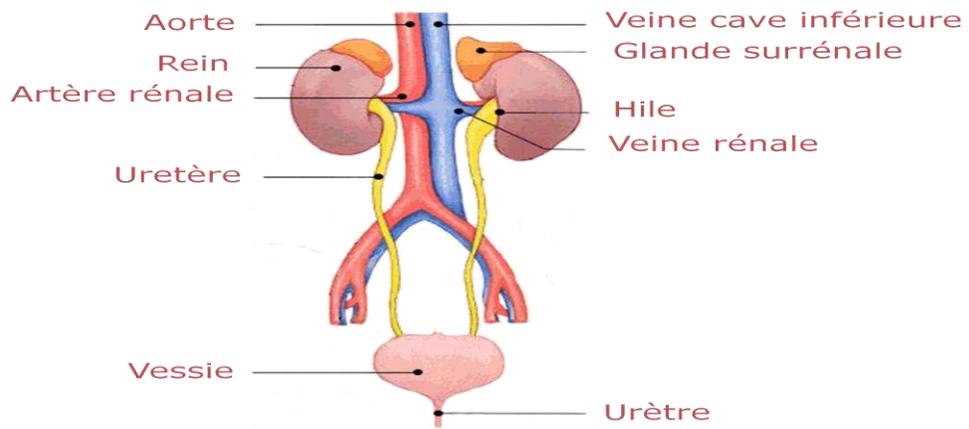
Le système tubulaire consiste en une succession de tubules droits et contournés. Il est constitué de plusieurs parties :

- ✓ Le tube contourné proximal.
- ✓ Anse de Henle, situé dans la médullaire, en forme de U, il forme une boucle et contient dès lors une partie descendante et une partie ascendante.

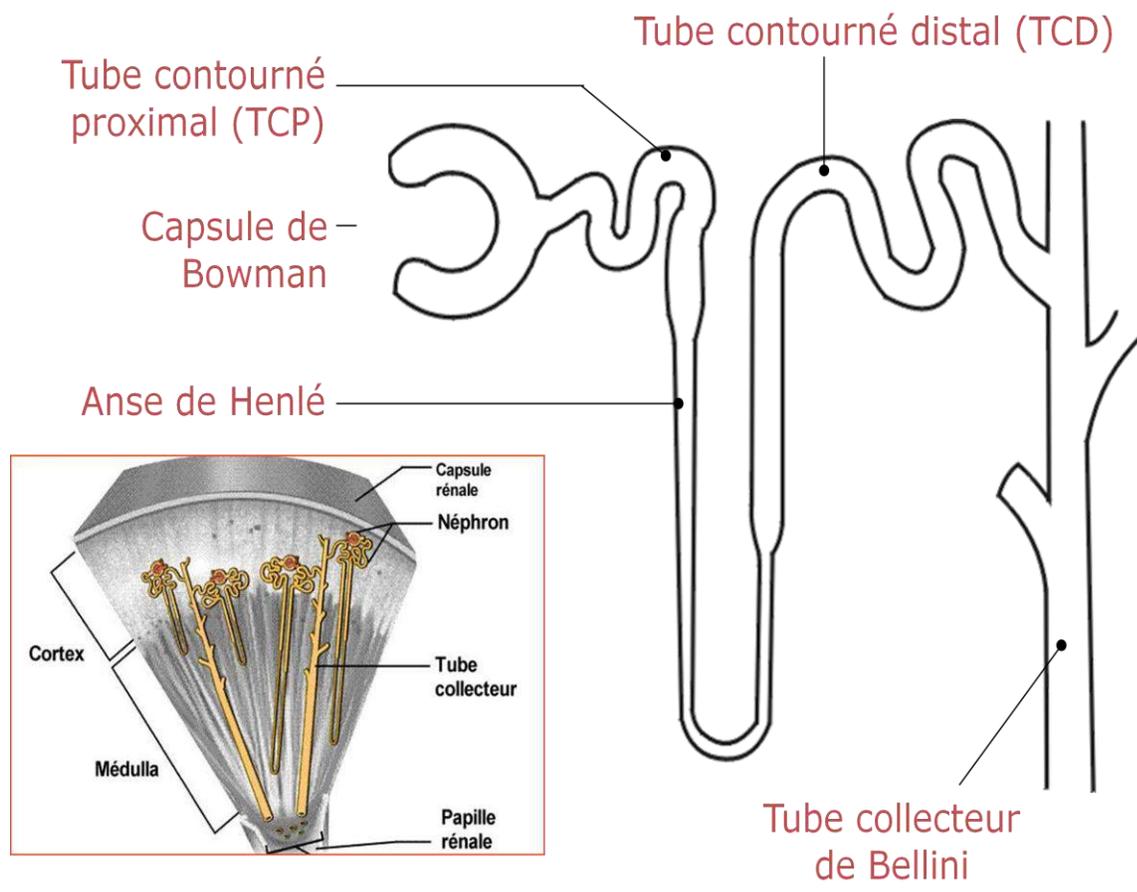


**Figure 48 : coupe sagittale du rein**

**ANATOMIE (1)**  
L'appareil urinaire



**Figure 49: les voies urinaires**



**Figure 50 : l'unité fonctionnelle du rein (Néphron)**

- ✓ Le tube contourné distal.

Le tube contourné distal se jette dans le tube collecteur. L'ensemble néphron et tube collecteur forment une unité appelé tube urinifère. Certains néphrons se jettent dans le système collecteur via un segment additionnel, le tubule connecteur.

Les corpuscules rénaux ne se situent que dans le cortex rénal, où ils sont responsable de son aspect granuleux.

### **V.2.1. Les types de néphrons selon la localisation du corpuscule rénal**

- ✓ Les néphrons superficiels/corticaux : Leur corpuscule rénal est situé dans la partie externe ou moyenne de cortex, ils sont qualifiés de "néphrons courts" car leurs anses de Henle (partie du néphron situé dans la médullaire) sont courtes et n'atteignent pas la médullaire interne.
- ✓ Les néphrons juxtamédullaire : Leur corpuscule rénal est situé près de la jonction cortico-médullaire, à proximité des artères arciformes. Ils sont qualifiés de "néphrons longs" car leurs anses de Henle sont longues et atteignent la médullaire interne. Leur rôle physiologique est primordial car ils permettent de former une urine hypertonique et donc la réabsorption d'eau au niveau de leurs anses descendantes.
- ✓ Les néphrons intermédiaires

### **V.2.2. Le corpuscule renal**

#### **V.2.2.1. Structure du corpuscule renal**

De forme sphérique, il mesure entre 200 et 300  $\mu\text{m}$  et est formé des structures suivantes :

- ✓ Le glomérule, boule de capillaires sanguins issus de l'artériole afférente. Le glomérule permet la filtration du sang et la formation de l'urine primitive. Les capillaires se rassemblent ensuite pour former l'artériole efférente.
- ✓ La capsule de Bowman, sac borgne formé de deux feuillets de cellules, entourant le glomérule, recueillant l'urine primitive et débouchant à son autre extrémité dans le tubule contourné proximal.
- ✓ Le mésangium, tissu interstitiel composé de cellules dites mésangiales et d'une matrice intercellulaire. Les cellules mésangiales sont des fibroblastes spécialisés. Elles ont des

propriétés contractiles, macrophagiques et peuvent synthétiser de la matrice extracellulaire et du collagène. Elles sécrètent en outre des prostaglandines, des endothélines et des cytokines. En se contractant, sous l'influence des endothélines, les cellules mésangiales contrôlent le flux sanguin dans les capillaires et influencent ainsi la filtration glomérulaire.

- ✓ Les podocytes, cellules formant le feuillet interne de la capsule de Bowman. Elles entourent les cellules des capillaires glomérulaires, notamment grâce à des prolongements cytoplasmiques ou pieds. Le réseau dense formé par ces prolongements représente une structure importante du filtre glomérulaire.

### **V.2.3. Le filtre glomérulaire**

La fonction du glomérule est de filtrer le sang des capillaires glomérulaires et de former l'urine primitive, appelée également ultra-filtrat.

La barrière de filtration du glomérule est composée de trois couches :

- ✓ L'endothélium fenestré des capillaires, pourvu de petits pores de 50 à 100 nms de diamètre, qui permet le passage de substances comme l'eau, le sodium, l'urée, le glucose et les petites protéines, mais empêche celui des éléments cellulaires du sang (leucocytes, érythrocytes, etc.) et des macromolécules dont le poids moléculaire est égal ou supérieur à 68 000 Da.
- ✓ La lame basale (d'une épaisseur de 240 à 340 nm), empêchant le passage des grosses protéines.
- ✓ Les fentes de filtration (d'une épaisseur de 25 nm) formées par les podocytes et recouvertes d'un mince diaphragme de 4 nm d'épaisseur. Ces fentes empêchent le passage des petites protéines.

### **V.2.4. Formation de l'urine primitive**

La filtration du sang s'effectue au niveau des capillaires du glomérule. Cette filtration, passive, est due au gradient de pression qui existe entre la pression artérielle de l'artériole afférente et la pression, plus basse, du glomérule lui-même.

Le taux de filtration glomérulaire (volume d'urine primitive de l'ensemble des glomérules par unité de temps) est normalement de 100 à 120 ml/min. Chez l'adulte, environ 180 litres sont

filtrés chaque jour, mais l'urine primaire est par la suite réabsorbée à 99 % dans les tubules, menant à une production finale d'urine d'environ 1,5 litres par jour (figures 51, 52).

- **Réabsorption tubulaire active** (cotransport avec  $\text{Na}^+$  au niveau du TCP + anse de Henlé) :

- ✓ Certains ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ )
- ✓ Glucose
- ✓ Acides aminés
- ✓ Acide lactique
- ✓ Vitamines

Il existe un taux maximal de réabsorption lié au nombre de transporteurs disponibles (ex : glucose).

- **Réabsorption tubulaire passive**

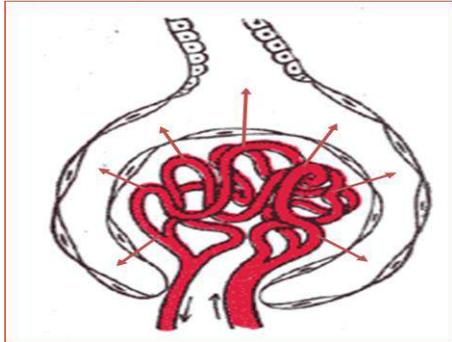
- ✓ Anions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ).
- ✓ Eau (suit le  $\text{Na}^+$  par osmose = réabsorption obligatoire).

Les déchets sont éliminés dans les urines : créatinine, urée, potassium en excès, toxines, médicaments. La réabsorption de l'eau et du sodium permet la régulation de la pression artérielle.

Le fonctionnement des tubes est sous la dépendance d'hormones ayant un effet diurétique ou de rétention de l'eau, en fonction de la pression artérielle : aldostérone (surrénale), ADH (hypophyse), rénine (rein) (figure 53).

### V.2.5. Les tubules rénaux

Le système tubulaire est une succession de tubules qui conduisent l'urine du glomérule au tube collecteur. Le passage par les tubules rénaux permet notamment la réabsorption d'une grande partie de l'eau filtrée par le glomérule ainsi que la sécrétion et la réabsorption de certaines molécules. Le système tubulaire peut-être divisé en plusieurs parties. Cette division n'est pas arbitraire mais prend en compte les différences de structure histologique et de fonction des segments concernés.



## FILTRATION

Passage de l'eau et des solutés du plasma vers les tubules rénaux pour former l'urine primitive

Figure 51: La Filtration

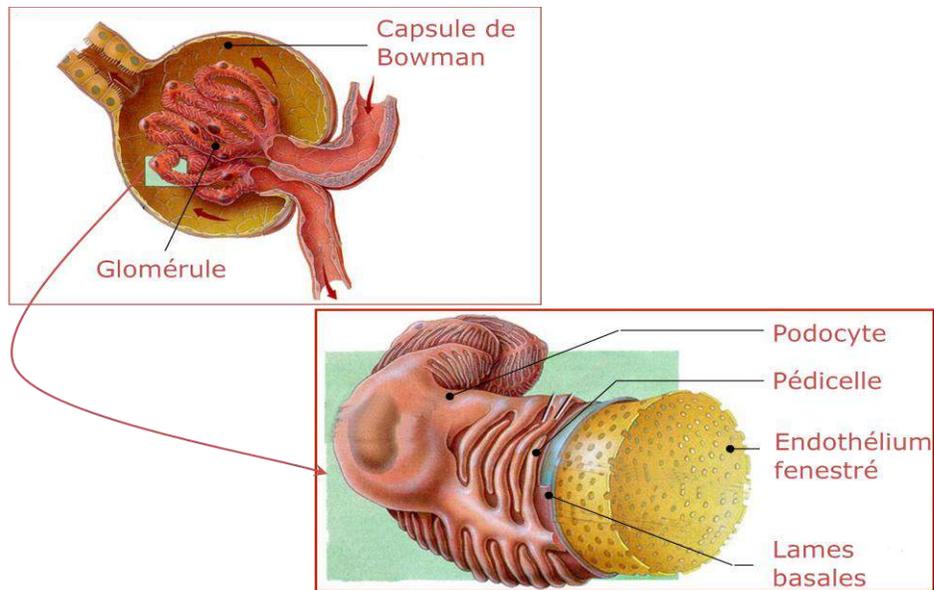


Figure 52: Structure de la membrane de filtration

## FORMATION DE L'URINE

### Récapitulatif

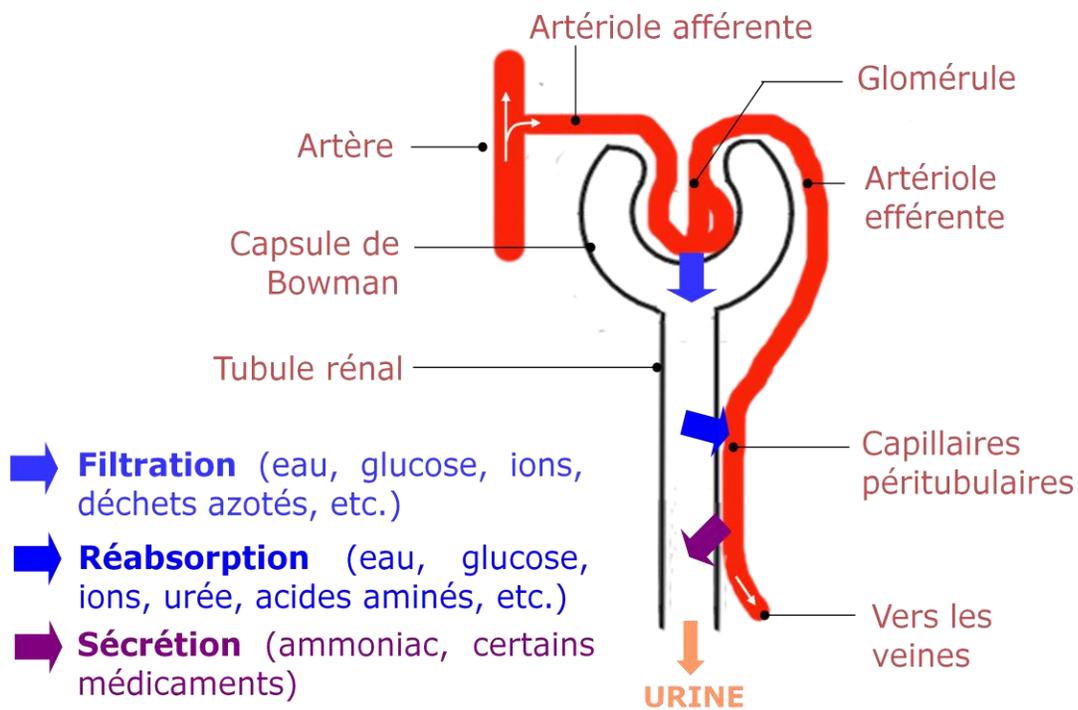


Figure 53: Formation de l'urine

### **V.2.5.1. Tubule contourne proximal**

C'est le plus long segment du néphron. Il est situé uniquement dans la corticale rénale et mesure 12 à 14 mm. Avec 50 à 60 µm de diamètre, il est aussi le plus large.

Il est bordé par un épithélium cubique unistratifié, dont le pôle apical comporte une bordure en brosse (microvillosités). Il présente également de nombreux replis baso-latéraux renfermant des mitochondries, responsable de l'éosinophilie du cytoplasme.

70 % de l'eau, du glucose, du sodium, du potassium et du chlore présents dans l'urine primaire sont réabsorbés à ce niveau.

### **V.2.5.2. Anse de Henle**

L'anse de Henle est le segment droit du néphron qui permet de former une urine hypertonique. Il est présent majoritairement dans la médullaire, mais une partie se situe dans le cortex, également droite, et forme avec le système collecteur les irradiations médullaires. L'anse de Henle a une forme de U et forme une boucle dans la médullaire, il part du tube contourné proximal dans le cortex, descend dans la médullaire, fait une boucle et remonte vers le tube contourné distal présent dans le cortex. On distingue donc une partie descendante et une partie ascendante. Chacune de ces parties possède un segment épais et un segment étroit (grêle).

Certains auteurs parlent de tube droit proximal pour la partie épaisse descendante de l'anse de Henle. Les parties épaisses de l'anse de Henle ont une ultrastructure très proche de celle des tubes contournés. La longueur de l'anse de Henle dépend du type de néphron, les néphrons juxtamédullaires ont une longue anse de Henle, qui pénètre dans la médullaire interne, tandis que les néphrons corticaux ont une courte anse de Henle, qui ne va pas plus loin que la médullaire externe.

### **V.2.5.3. Tubule intermédiaire**

Ceux des néphrons situés dans le cortex superficiel et moyen sont très courts, alors que ceux des néphrons juxtamédullaires (proches de la médullaire) sont longs. Leur épithélium est pavimenteux, c'est-à-dire très aplati avec un noyau ovalaire.

#### **V.2.5.4. Tubule droit distal**

D'un diamètre de 25 à 35  $\mu\text{m}$ , il débute dans la médullaire externe et remonte dans le cortex.

Son épithélium, cubique simple, présente une quasi-absence de différenciation morphologique de son pôle apical, avec uniquement quelques microvillosités, courtes et irrégulières.

#### **V.2.5.5. Tubule contourné distal**

D'un diamètre de 40  $\mu\text{m}$ , il est entièrement situé dans la corticale rénale. Il est histologiquement identique au tubule droit distal.

Dans sa partie initiale, la réabsorption de sodium se fait par cotransport sodium-chlore. Dans la deuxième partie, elle est réglée par l'aldostérone, et se fait donc par des canaux à sodium, en échange de potassium. Le tube distal est imperméable à l'eau. Il se jette dans le tube collecteur.

### **V.3. Comment l'insuffisance rénale tue**

Si le rein ne fonctionne plus :

Soit il n'y a plus d'urines : asphyxie par œdème pulmonaire. Soit il y a encore des urines mais le néphron n'est pas fonctionnel.

Les déchets ne sont plus éliminés : la créatinine et l'urée augmentent dans le sang (diagnostic).

Les sels minéraux ne sont plus régulés : arrêt cardiaque par hyperkaliémie (trop de potassium : toxique pour le cœur).

Solution : la dialyse.

### **V.4. La fonction exocrine du rein**

La formation de l'urine permet la régulation du milieu intérieur :

- ✓ Excrétion des déchets, des toxines.
- ✓ Assure la stabilité des concentrations des minéraux (sodium, potassium).
- ✓ Maintien des volumes des liquides, donc maintien de la pression artérielle.

La fonction exocrine est sous la dépendance d'hormones, notamment l'ADH (hypophyse), l'aldostérone (surrénales), la rénine.

## V.5. La fonction endocrine du rein

Plusieurs hormones sont produites par le rein:

- ✓ L'érythropoïétine : stimule la production de globules rouges par la moelle osseuse.
- ✓ La vitamine D : le rein assure sa transformation en forme active. Elle est impliquée dans l'absorption du calcium et du phosphore.
- ✓ La rénine : hormone agissant sur la pression artérielle : vasoconstricteur, réabsorption du sodium par les tubes.

## V.6. L'homéostasie

L'homéostasie est l'ensemble des mécanismes qui permettent la stabilité des paramètres physico-chimiques du milieu intérieur.

### V.6.1. Régulation de la fonction rénale

Excrétion hydrique : réabsorption obligatoire de l'eau (figure 54), représente environ 80% de l'eau réabsorbée. Surtout dans le tube contourné proximal (TCP), est une conséquence de la réabsorption par transport actif du  $\text{Na}^+$  au niveau du TCP (presque tout le  $\text{Na}^+$  est réabsorbé à ce niveau).

Réabsorption du  $\text{Na}^+$ , le milieu autour du tubule devient hypertonique. L'eau suit par osmose.

Réabsorption facultative de l'eau, représente environ 20% de l'eau réabsorbée. Se fait au niveau du tube contourné distal (TCD) et du tube collecteur (surtout), sous le contrôle de l'hormone antidiurétique ou ADH (ou vasopressine) sécrétée par l'hypophyse

#### **ADH augmente la perméabilité à l'eau du tubule collecteur**

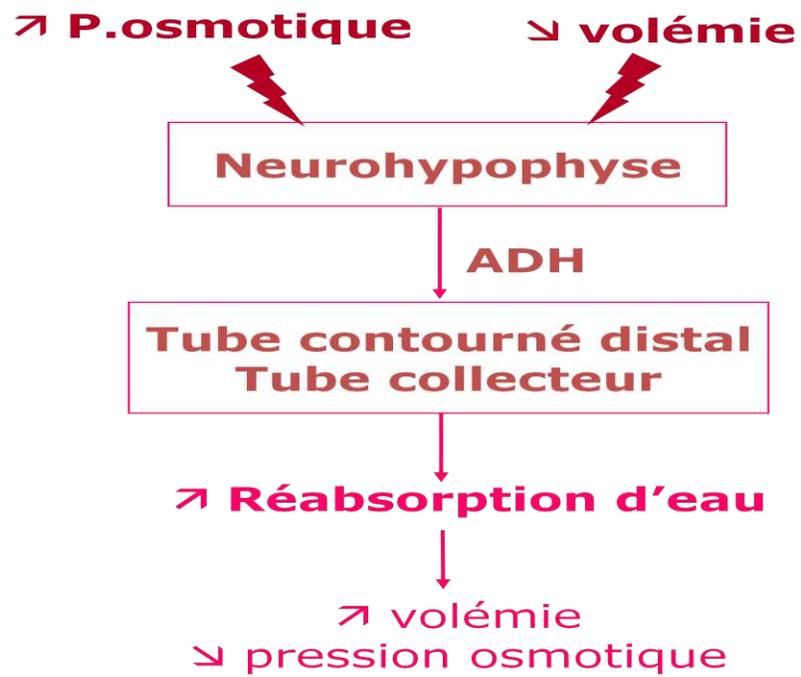
- ✓ ADH  $\Rightarrow$   $\nearrow$  réabsorption  $\Rightarrow$  urine moins abondante et plus concentrée.
- ✓ ADH  $\Rightarrow$   $\searrow$  réabsorption  $\Rightarrow$  urine abondante et diluée.

### V.6.2. Mécanisme de la réabsorption obligatoire de l'eau

#### **Excrétion minérale : l'appareil juxta-glomérulaire (figure 55)**

Les cellules de l'appareil juxtaglomérulaire sont sensibles à 3 facteurs :

- ✓ Baisse du taux de  $\text{Na}^+$  dans le TCD (signe d'une diminution du débit de filtration).
- ✓ Influx du système nerveux végétatif.



**Figure 54 : Mécanisme de la réabsorption obligatoire de l'eau**

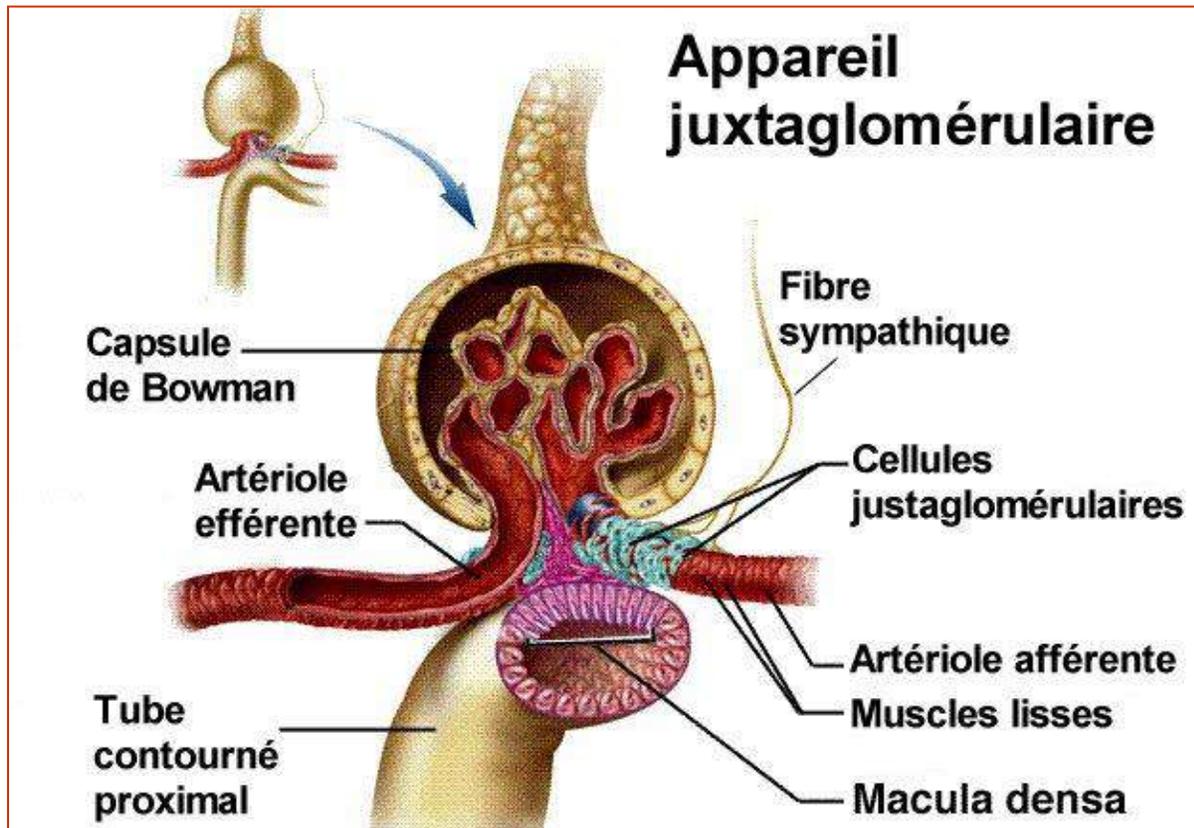


Figure 55: l'appareil juxta-glomérulaire

- ✓ Baisse de pression sanguine dans l'artériole afférente.

Les cellules juxta-glomérulaires réagissent à ces facteurs en sécrétant une hormone : la rénine (figures 56, 57).

### **V.7. La Rénine**

La rénine (également appelée angiotensinogénase) est une enzyme du système rénine-angiotensine-aldostérone.

La synthèse de la rénine par les cellules de l'appareil juxta-glomérulaire rénal s'effectue en réponse à :

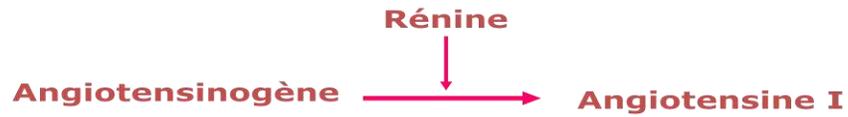
- ✓ Une baisse de la pression de perfusion sanguine,
- ✓ A une hyperkaliémie,
- ✓ A une hyponatrémie.

La rénine est une protéine longue de 340 acides aminés et d'un poids moléculaire de 37 kDa.

La rénine est d'abord synthétisée sous forme de pro-rénine qui est libéré dans le plasma. Cette pro-rénine est clivée en rénine active au niveau de l'appareil juxta-glomérulaire rénal. Elle peut être également activée sans clivage par une liaison à un récepteur spécifique, entraînant un changement conformationnel. Ce récepteur permet l'activation de l'angiotensinogène mais a également d'autres rôles en induisant la production d'autres molécules (transforming growth factor (TGF)- $\beta$  et plasminogen activator inhibitor (PAI)-1) dont le rôle reste à déterminer.

Son rôle est de catalyser la transformation de l'angiotensinogène (protéine synthétisée par le foie) en angiotensine I qui donnera elle-même l'angiotensine II, peptide entraînant une augmentation de la volémie en jouant sur la sensation de soif, la sécrétion d'aldostérone, et le calibre des vaisseaux sanguins.

Dans le plasma sanguin



Au niveau des poumons



Figure 56 : Mécanisme de l'excrétion minérale

### REGULATION DE LA FONCTION RENALE (6)

Mécanisme de l'excrétion minérale

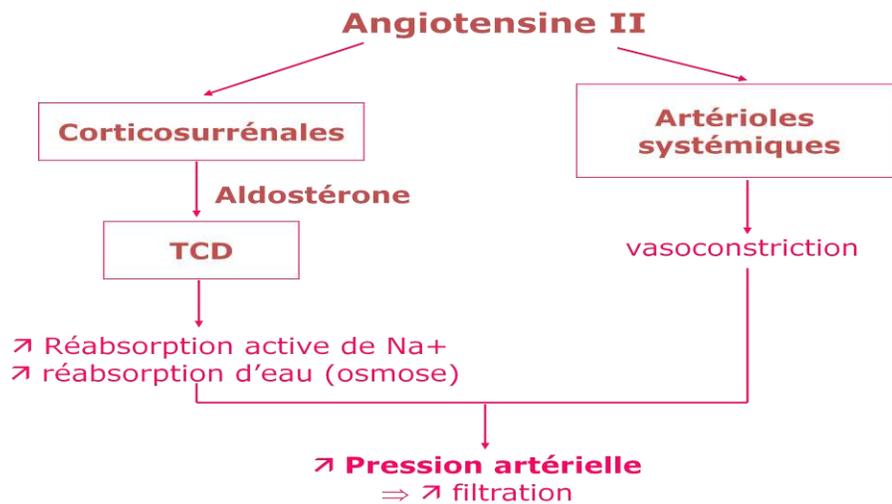


Figure 57 : Régulation de la fonction rénale

# Références

## Références

- **Al Obaidi AH.** Role of airway lactoperoxidase in scavenging of hydrogen peroxide damage in asthma. *Ann Thorac Med.* 2007; 2(3):107-10.
- **Baldini G, Bagry H, Aprikian A, Carli F.** [« Postoperative urinary retention: anesthetic and perioperative considerations »](#) *Anesthesiology* 2009;110(5):1139-57.
- **Bernard J. et al,** « l'hémostase », Ed. MASSON, coll. Abreges, 1983, 346 p.
- **Cabrol, R. Vialle, H.** Guérin-Surville. Anatomie du cœur humain : 2003, 24 pages.
- **Collet.** Mouvement et Cerveau. Edition De BOECK Université, (2002).
- **Chantal Beauchamp.** Le sang et l'imaginaire médical : Histoire de la saignée aux XVIIIe et XIX siècles, Desclée de Brouwer, coll. "Esculape", 2000.
- **Claude Jacquillat.** Le Sang, PUF, coll. "Que sais-je?", 1989.
- **Conner GE, Salathe M, Forteza R.** Lactoperoxidase and hydrogen peroxide metabolism in the airway. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002, 15;166 (12 Pt2):S57-1.
- **[Curzio Malaparte.](#)** Sang et autres nouvelles, Editions du Rocher, 1989, GF, 2013.
- **[Chapouthier, J.J. Matras.](#)** Introduction au fonctionnement du système nerveux (codage et traitement de l'information), Editions MEDSI, Paris, 1982.
- **Dorne J., Walton K. and Renwick A.G.** « Human variability in the renal elimination of foreign compounds and renal excretion-related uncertainty factors for risk assessment » [Food and Chemical Toxicology](#), (2004), 42, 2, 275-298.
- **Dassier.** Anatomie du cœur et des vaisseaux. HEGP paris, 9 pages.
- **Elaine Marieb,** traduit par **Jean-Pierre Artigau, France Bondreault, Annie Desbiens, Marie-Claude Désorcy.** Anatomie et physiologie humaines, 1999, chapitre 23 « Le système respiratoire », pages 802-851.
- **Elaine N. Marieb.** Anatomie et Physiologie. 8<sup>e</sup> Édition en français, page 732.
- **E.N. Marieb.** Anatomie et Physiologie humaines (6<sup>ème</sup> édition). Edition Pearson Education (2005).
- **Ferguson JJ.** Antiplatelet et Therapy in Clinical Practice. London: Martin Dunitz, 2000: 15-35.
- **Fischer H.** Mechanism and function of DUOX in epithelia of the lung. *Antioxid Redox Signal.* 2009;11(10):1-13.
- **Franck Netter.** *Atlas d'anatomie humaine*, Elsevier Masson, 2015, 624 p.

- **François Boustani.** La Circulation du sang: entre Orient et Occident : l'histoire d'une découverte, Philippe Rey, 2007.
- **Gerard J. Tortora et Bryan Derrickson.** Principes d'anatomie et de physiologie, Édition de boeck, 4<sup>e</sup> édition, 2007, p. 919.
- **Godaux.** Les neurones, les synapses et les fibres musculaires. Edition MASSON,1994.
- **Grignon.** Cours d'Histologie, Edition Ellipses, 1996.
- **Gradman, Alan H.; Kad, Rishi.** [Renin Inhibition in Hypertension](#), Journal of the American College of Cardiology, 2008, 51:519-528.
- **Gray Stephen P, Denton Kate M, Cullen-McEwen Luise, Bertram John F et Moritz Karen M.** « *Prenatal exposure to alcohol reduces nephron number and raises blood pressure in progeny.* », Journal of the American Society of Nephrology :JASN, vol. 21, n<sup>o</sup> 11, 2010, p. 1891-902.
- **G. Tobelem.** Histoires du sang, Perrin, 2013.
- **Huint.** Ed : Aspects cytologiques normaux et pathologiques des éléments du sang et des organes hématopoïétiques, Centre d'Arts Graphiques, 1981.
- **Jacques Poirier.** Le système nerveux central et périphérique : formation, fonction et rôle. fondation arsep PARIVRY, 20 pages.
- **Jean Bariéty, Jean Bariéty, Gilles Grateau, Loïc Capron, Loïc Capron, Gilles Grateau.** Sémiologie clinique - Elsevier Masson, 2009 - p62-503pages.
- **Jean Bernard.** La légende du sang, Flammarion, 1992.
- **Jean Héritier.** La sève de l'homme : De l'âge d'or de la saignée aux débuts de l'hématologie, Denoël, coll. Documents Histoire, 1997.
- **Jean-Louis Binet.** Le sang et les hommes, 1988, coll. Découvertes, Gallimard, 2001.
- **Jean-Paul Roux.** Le Sang : Mythes, symboles et réalités, Fayard, 1988.
- **Jean-Pierre Goullé, Elodie Saussereau, Loïc Mahieu, Daniel Bouige, Michel Guerbet, Christian Lacroix.** Une nouvelle approche biologique : le profil métallique ; Annales de Biologie Clinique. Volume 68, Numéro 4, 429-40, 2010.
- **J.M. Klossek,** « *La physiologie naso-sinusienne* », Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, vol. 38, n<sup>o</sup> 7, 1998, p 579-583.
- **J.Poirier, J.L. Ribadeau Dumas, M. Catala, J.M. Andre, R.K. Gherardi, J.F, Bernaudin.** Histologie moléculaire, Edition Masson, 1999.

- **Kamina P.** Anatomie clinique (Tome 4) organes urinaires et génitaux, pelvis, coupes du tronc. Éditions Maloine. 2008.
- **Kienle, L Lilge, I. Alex Vitkin, Michael S. Patterson, Brian C. Wilson, Raimund Hibst, and Rudolf Steiner.** « *Why do veins appear blue? A new look at an old question* ». Applied Optics, vol. 35, n° 7, 1996, p. 1151-1160.
- **Kohler.** Les cellules sanguines. Collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes, cytologistes et cytogénéticiens (CHEC), 2011.
- **Langman.** *Embryologie médicale*, Paris, éditions Masson, coll. « Abrégés », 1994, 458 p.
- **Lydie Suty.** La lutte biologique, éditions Quæ, 2010, p. 150 à 152.
- Manuel d'anatomie et de physiologie humaine. Tortora, Edition de Boeck, 2009.
- **M. Hitier, M. Loäec, V. Patron, E. Edy et S. Moreau.** « *Trachée : anatomie, physiologie, endoscopie et imagerie* », EMC - Oto-rhino-laryngologie, Elsevier BV, vol. 8, n° 2.
- **Michael R. Knowles et Richard C. Boucher.** « [Mucus clearance as a primary innate defense mechanism for mammalian airways](#) » J Clin Invest. 2002; 109(5):571–577.
- **M.L. Latash.** Bases neurophysiologiques du mouvement (2002), Edition De BOECK Université.
- **Mowska, Patryk, Daniel Lorentzen, Katherine Excoffon, Joseph Zabner, Paul B. McCray, William M. Nauseef, Corinne Dupuy, and Botond Bánfi.** A novel host defense system of airways is defective in cystic fibrosis. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1 Nov. 2006.
- **Nguyen, Geneviève; Delarue, Françoise; Burcklé, Céline; Bouzhir, Latifa; Giller, Thomas; et Sraer, Jean-Daniel.** [Pivotal role of the renin/pro-renin receptor in angiotensin II production and cellular responses to renin](#), Journal of Clinical Investigation, 2002;109:1417–1427.
- **Nguyen S.H.** « manuel d'anatomie et de physiologie », Ed. Lamarre, coll. Les Fondamentaux, 2003, 348 p.
- **Philippe Dehaene.** *La grossesse et l'alcool*, Presses universitaires de France, 1995, 127 p.
- **Poirier, J.L. Ribadeau Dumas.** Histologie, Editions Masson 4e édition, 1993.
- **[Pierre Flourens](#).** Histoire de la découverte de la circulation du sang, 1857.

- **Pope CA III, Hansen ML, Long RW, Nielsen KR, Eatough NL, Wilson WE, et al.** Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects. *Environ Health Perspect*, 2004, 112:339–345.
- **Rada B, Leto TL.** Redox warfare between airway epithelial cells and *Pseudomonas* : dual oxidase versus pyocyanin. *Immunol. Res.* 2008.
- **R. Coujard, J. Poirier, J.Racadot.** Précis d'Histologie humaine, Ed Masson, 1980.
- **Reudelhuber, Timothy L.; Ramla, Djamel; Chiu, Linda; Mercure, Chantal; et Seidah, Nabil G.** [Proteolytic processing of human pro-renin in renal and non-renal tissues](#), *Kidney International*, 1994;46:1522–1524.
- **Rogan MP, Taggart CC, Greene CM, Murphy PG, O'Neill SJ, McElvaney NG.** Loss of microbicidal activity and increased formation of biofilm due to decreased lactoferrin activity in patients with cystic fibrosis. *J Infect Dis.* 2004 Oct 1;190(7):1245-53. Epub 2004, 26.
- **Richard, D. Orsal.** Neurophysiologie, Motricité et grandes fonctions du système nerveux central (1994), Edition DUNOD.
- **Spicher CJ, Buchet (Desfoux) N, Sprumont P.** Atlas des territoires cutanés du corps humain; Esthésiologie de 240 branches, préface S.W. Carmichael (Mayo Clinic), (2<sup>e</sup> édition) [Sauramps. Médical](#), 2013.
- **Stevens, J. Lowe.** Traduction française par H. Chopin, A.Coolet, P. Validire : Histologie, Edition Pradel, 1993.
- **Sielecki, K Hayakawa, M Fujinaga, ME Murphy, M Fraser, AK Muir, CT Carilli, JA Lewicki, JD Baxter et MN James.** « *Structure of recombinant human renin, a target for cardiovascular-active drugs, at 2.5 Å resolution* ». *Science*, vol. 243, n° 4896, 10 mars 1989, p. 1346-1351.
- **Tigerstedt, Robert, Bergman, Per G., Niere und Kreislauf.** *Skandinavisches Archiv für Physiologie*, 8 (1898), pp. 223–271.
- **Travis SM, Conway BA, Zabner J, Smith JJ, Anderson NN, Singh PK, Greenberg EP, Welsh MJ.** Activity of abundant antimicrobials of the human airway. *Am J Respir Cell Mol Biol.* 1999; 20(5):872-9.
- **W.D Mc Ardle, F.I. Katch, V.L. Katch.** Essential of exercise physiology (2ème édition) ,Lippincott William & Wilkins, 2000.

- **Wijkstrom-Frei C, El-Chemaly S, Ali-Rachedi R, Gerson C, Cobas MA, Forteza R, Salathe M, Conner GE.** Lactoperoxidase and human airway host defense. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2003; 29(2):206-12.
- **W. Kuhnel traduit par J.Roos.** Atlas de poche d'Histologie, Flammarion Médecine Sciences, 1991.