



République Algérienne Démocratique et Populaire

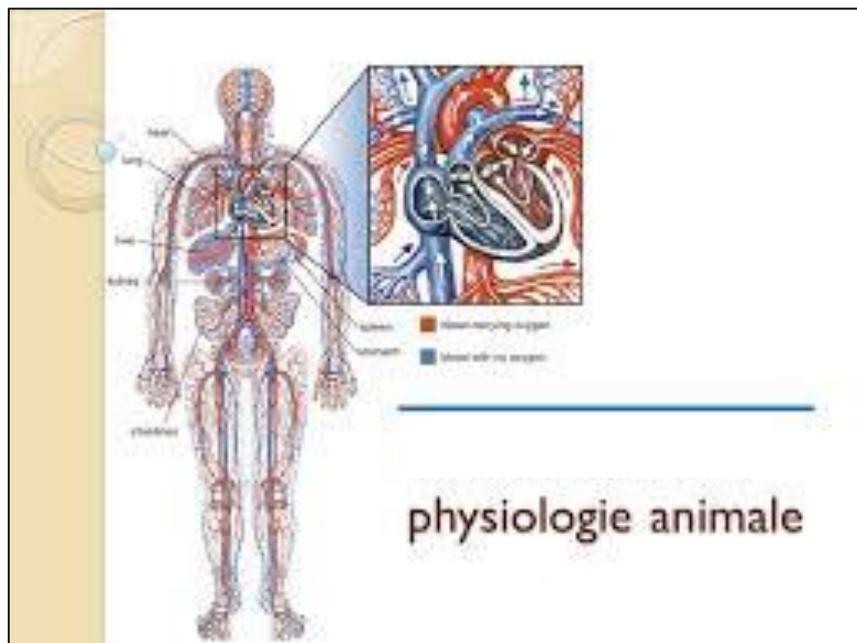


Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département des Sciences Agronomiques



LES GRANDES FONCTIONS DES VERTEBRES

Table des matières

CHAPITRE I : LES GLANDES ENDOCRINES

I.1. Introduction.....	02
I.2. Les glandes endocrines.....	02
I.1.2. Les principales glandes endocrines.....	02
I.1.2.1. Les glandes neuro-sécrétrice.....	03
I.1.2.2. La glande thyroïde.....	05
I.1.2.3. Les petites glandes parathyroïdes.....	05
I.1.2.4. Le pancréas.....	06
I.1.2.5. Les glandes surrénales.....	06
I.1.2.6. L'épiphyse (ou glande pinéale)	07
I.1.2.7. Le thymus.....	07
I.3. Les hormones.....	08
I.3.1. La classification des hormones.....	09
I.3.1.1. Les hormones peptidiques.....	09
I.3.1.2. Les hormones stéroïdes.....	09
I.3.1.3. Les hormones mono aminées.....	09
I.3.2. Les modes d'action cellulaire des hormones.....	09
I.3.2.1. Les hormones à récepteur intracellulaire.....	10
I.3.2.2. Les hormones à récepteur membranaire.....	10
I.3.3. Le transport des hormones.....	10
I.3.4. Les propriétés des hormones.....	10
I.3.5. La régulation des hormones.....	11
I.3.5.1. Le stimulus humoral.....	11
I.3.5.2. Le stimulus nerveux.....	11
I.3.5.3. Le stimulus hormonal.....	11

CHAPITRE II : LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS

II.1. Introduction.....	12
II.2. Définition du milieu intérieur.....	13
II.2.1. Caractéristiques du milieu intérieur.....	14
II.2.1.1. Caractères physico-chimiques stables.....	14
II.2.1.2. Les caractères dynamiques.....	14
II.3. Les compartiments liquidiens.....	14
II.3.1. La répartition de l'eau dans l'organisme.....	15
II.3.1.1. Un compartiment intracellulaire (CIC).....	16
II.3.1.2. Un compartiment extracellulaire (CEC).....	16
II.3.1.3. Le plasma.....	16
II.3.1.4. Le compartiment interstitiel.....	16
II.3.1.5. Les petits compartiments.	17
II.3.1.6. Le volume sanguin.....	17
II.4. Les échanges entre les compartiments.....	17
II.4.1.1. Le transport actif.	17
II.4.1.2. Le transport passif.....	17
II.4.1.3. Les mouvements de l'eau entre le secteur vasculaire et interstitiel.....	18

CHAPITRE III : LA RESPIRATION

III.1. Introduction.....	19
III.2. L'appareil respiratoire.....	20
III.2.1. Les voies aériennes.....	20
III.2.2. Les poumons.....	21
III.3. Le mécanisme respiratoire et la ventilation.....	22
III.3.1. L'inspiration.....	22
III.3.2. L'expiration.....	22
III.3.3. Les volumes d'air d'une respiration normale.....	23
III.3.3.1. Le volume courant (VC).....	23
III.3.3.2. Volume résiduel (VR).....	23

III.3.3.3. Volume de réserve inspiratoire (VRI).....	24
III.3.3.4. Volume de réserve expiratoire (VRE).....	24
III.3.3.5. Capacité vitale.....	24
III.3.3.6. Capacité pulmonaire totale (CPT).....	24
III.3.3.7. Capacité résiduelle fonctionnelle (CRF).....	24
III.4. La régulation de la respiration.....	24
III.4.1. Influence des stimuli chimiques.....	25
III.4.2. Autres influences.....	25
III.5. Les échanges gazeux.....	25
III.5.1. Les échanges d'oxygène.....	25
III.5.2. Les échanges de dioxyde de carbone.....	26
III.6. Le transport des gaz par le sang.....	26
III.6.1. Le transport de l'oxygène.....	26
III.6.2. Le transport de dioxyde de carbone.....	26

CHAPITRE IV : LA CIRCULATION SANGUINE

IV.1. Introduction.....	27
VI.2. La grande circulation (ou générale).....	27
VI.3. La petite circulation (ou pulmonaire).....	28
VI.4. La physiologie cardiaque.....	28
VI.4.1. La vascularisation du cœur.....	29
VI.4.2. La circulation intracardiaque.....	29
VI.4.2.1. Le cycle cardiaque.....	29
VI.4.2.2. La circulation.....	31
VI.4.2.3. Le fonctionnement du système circulatoire.....	32

CHAPITRE V : L'EXCRETION RENALE

V.1. Introduction.....	34
V.2. Les différentes parties du système excréteur.....	35
V.2.1. Les reins.....	35
V.2.2. Les néphrons.....	35
V.2.3. les calices.....	36
V.2.4. Les bassinets.....	36
V.2.5. La vessie.....	36
V.2.6. Les urètres.....	36
V.3. Physiologie urinaire.....	38
V.3.1. La filtration glomérulaire.....	38
V.3.2. La réabsorption tubulaire.....	39
V.3.3. L'excrétion tubulaire.....	39
V.4. Le changement des urines en fonction de l'âge.....	39
V.4.1. Le nouveau-né et le nourrisson.....	39
V.4.2. L'enfant.....	39
V.4.3.	
L'adolescent.....	39
V.4.4. Le jeune adulte.....	40
V.4.5. L'adulte retraité.....	40
V.4.6. Les personnes âgées.....	40

CHAPITRE VI : LA DIGESTION

VI.1. Introduction.....	41
VI. 2. Les grands types de comportements alimentaires.....	41
VI.3. L'appareil digestif.....	42
VI.3.1. La bouche.....	42
VI.3.1.1. Les dents.....	42
VI.3.1.2. La langue.....	43

VI.3.2. Le pharynx.....	44
VI.3.3. L'œsophage.....	44
VI.3.4. L'estomac.....	44
VI.3.4.1. La Digestion mécanique.....	44
VI.3.4.2. Les sécrétions gastriques.....	44
VI.3.5. L'intestin grêle.....	45
VI.3.5.1. Surface macroscopiques.....	46
VI.3.5.2. Surface microscopiques.....	46
VI.3.5.3. La Digestion mécanique.....	46
VI.3.5.4. La digestion chimique.....	46
VI.3.6. Le gros intestin (colon).....	47
VI.3.7. Les organes annexes.....	47
VI.3.7.1. Le foie.....	47
VI.3.7.2. La vésicule biliaire.....	48
VI.3.7.3. Le pancréas.....	48
VI.4. Les fonctions de l'appareil digestif des vertébrés.....	49
VI.4.1. Fonctions mécaniques.....	49
VI.4.2. Fonctions de sécrétions.....	49
VI.4.3. Fonction de digestion.....	49
VI.4.4. Fonction d'absorption.....	50
VI.5. Les principaux hormones et enzymes de la digestion.....	50

CHAPITRE VII : LA THERMOREGULATION

VII.1. Introduction.....	51
VII.2. Radiation thermique.....	52
VII.3. Conduction de chaleur de la peau à l'air ambiant.....	52
VII.4. Température ambiante élevée et activité physique intense.....	52
VII.5. Rôle de la régulation de la température (thermorégulation).....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	57

"... Si l'on décompose l'organisme vivant en isolant ses diverses parties, ce n'est que pour la facilité de l'analyse expérimentale, et non point pour les concevoir séparément. En effet, quand on veut donner à une propriété physiologique sa valeur et sa véritable signification, il faut toujours la rapporter à l'ensemble et ne tirer de conclusion définitive que relativement à ses effets dans cet ensemble."

Claude Bernard (1865)

La physiologie animale représente l'étude qui consiste à déterminer le fonctionnement, l'organisation physique et biochimique des organismes vivants ainsi que leurs composants tels que les différents organes, les tissus, les cellules et les organites.

CHAPITRE I : LES GLANDES ENDOCRINES

I.1. Introduction

Le système endocrinien est constitué de l'ensemble des glandes endocrines. Il s'agit du second système de régulation après le système nerveux, avec lequel il travaille en synergie pour coordonner l'activité cellulaire car agit sur les cellules de l'organisme par l'intermédiaire des hormones.

Il permet de réguler la croissance et le développement à tous les âges de la vie (de la croissance fœtale au vieillissement), et permet à l'organisme de s'adapter aux différentes situations physiologique et pathologique, garantissant ainsi l'homéostasie de l'individu.

L'homéostasie est la faculté que possède un organisme de maintenir les équilibres de son milieu intérieur de façon stable et indépendante des fluctuations du milieu extérieur.

I.2. Les glandes endocrines

C'est un organe constitué de cellules glandulaires dont la fonction est d'assurer la synthèse permanente, le stockage et la libération sur signal d'une ou de plusieurs substances appelées hormones qui sont déversées directement dans le sang. Les sécrétions diffusent ensuite dans des vaisseaux capillaires, et le sang les transporte jusqu'à des cellules cibles.

Une glande endocrine est richement vascularisée. Elle ne possède pas de canal excréteur, se distinguant ainsi des glandes exocrines qui assurent la libération du produit de leur sécrétion dans le milieu extérieur par voie canalaire.

I.1.2. Les principales glandes endocrines

Les principales glandes endocrines sont : l'hypothalamus, qui fait partie intégrante du système nerveux mais qui sécrète aussi des hormones, l'hypophyse, la thyroïde, les parathyroïdes, les surrénales, le pancréas (insuline et glucagon), les gonades, et le rein (rénine et angiotensine) (**Figure n° 01**).

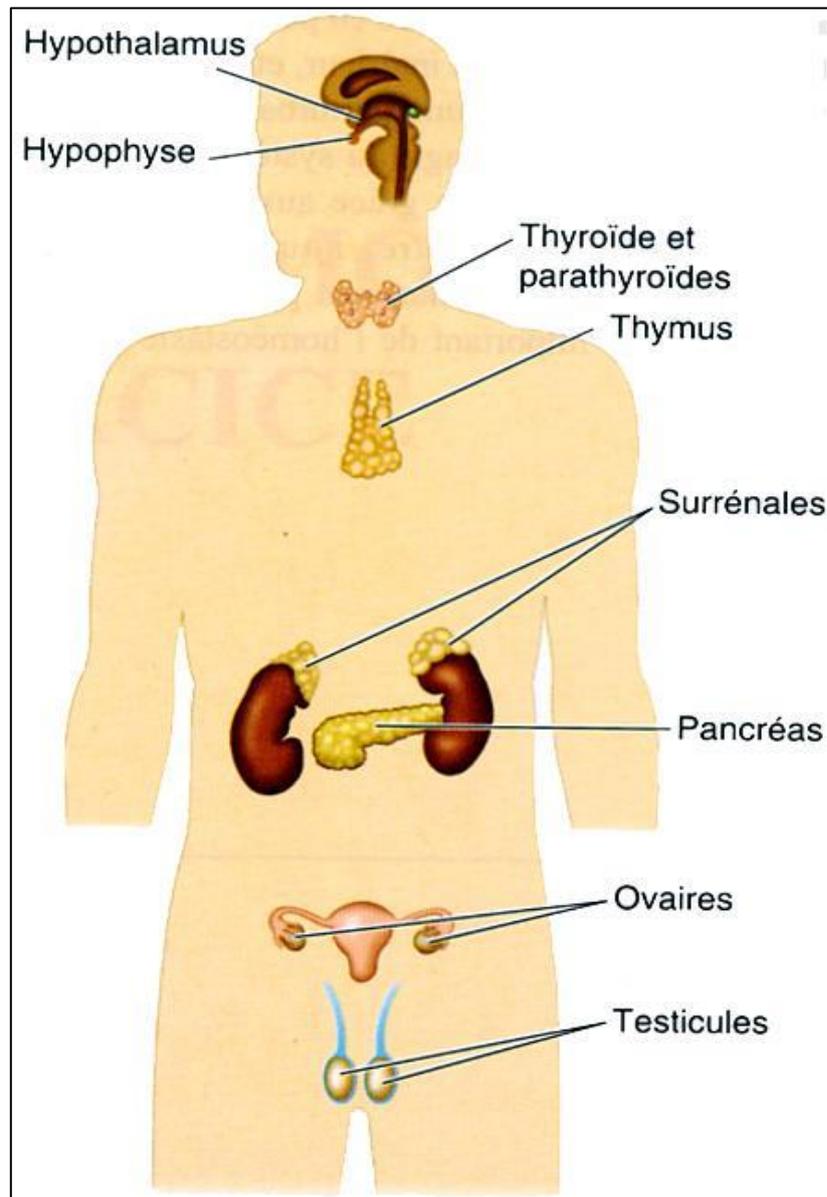


FIGURE N° 01 : LES PRINCIPALES GLANDES ENDOCRINES

I.1.2.1. Les glandes neuro-sécrétrices

- a. **L'hypophyse** : il se situe dans la selle turcique osseuse, en connexion avec le cerveau neurologique, c'est une glande suspendue au plancher du cerveau (**Figure n° 02**).
- b. **L'hypothalamus** : dans le cerveau humain, un paquet de cellule nerveuse spécialisée dans la libération de molécule chimique dans le sang, situé dans la zone ventral du cerveau. Issu du diencephale, il crée le lien entre système nerveux et système endocrinien (**GnRH - Gonado releasing Hormon**) (**Figure n° 03**).

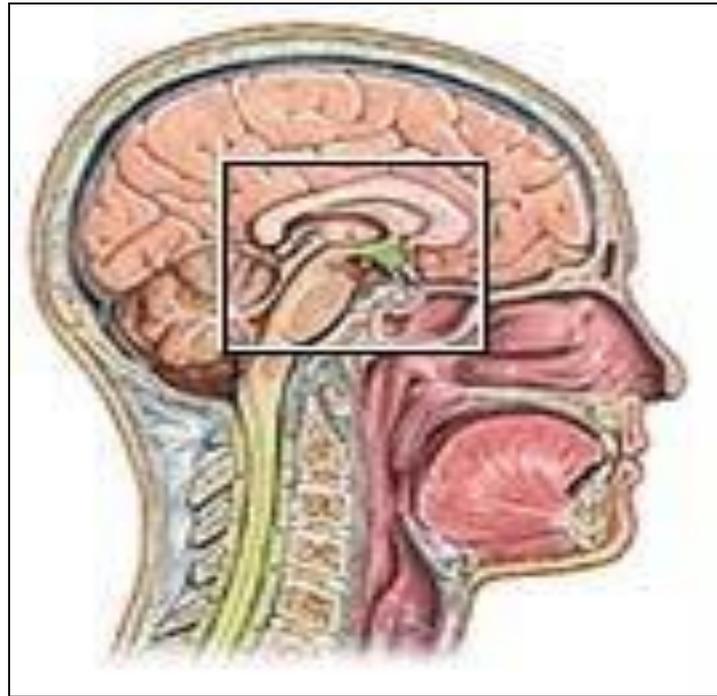


FIGURE N° 02 : LA POSITION DE L'HYPOTHALAMUS ET L'HYPOPHYSE

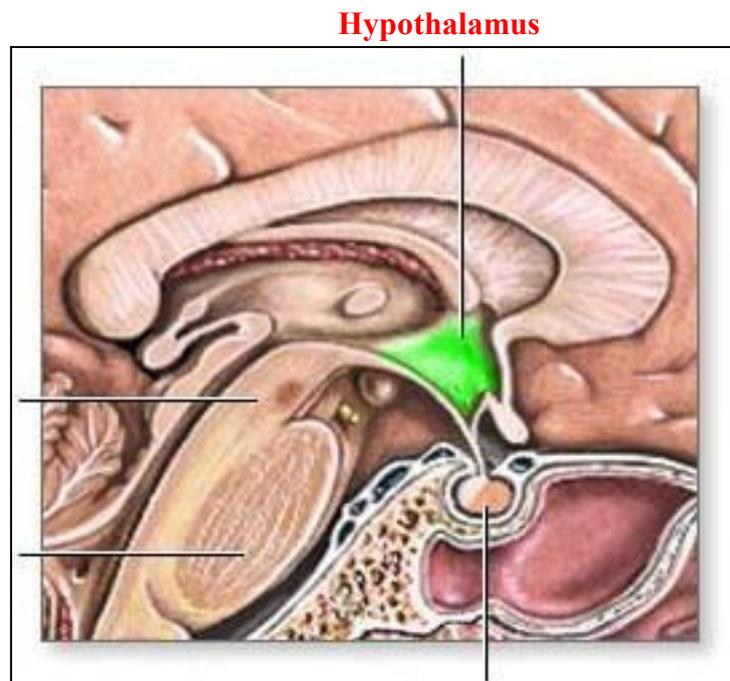


FIGURE N° 03 : LA POSITION DE L'HYPOTHALAMUS ET L'HYPOPHYSE

I.1.2.2. La glande thyroïde

Elle est située au niveau du cou et sécrète deux hormones. Une de ces hormones intervient sur la vitesse de croissance et le métabolisme de toutes les cellules du corps. Elle contrôle les réflexes et régule la vitesse à laquelle le corps produit de l'énergie et transforme la nourriture en éléments entrant dans la composition de l'organisme (**Triiodothyronine T₃ et Tétraiodothyronine ou Thyroxine T₄**). L'autre hormone diminue la quantité de calcium présente dans le sang (calcémie – **Calcitonine**) (**Figure n° 04**).

I.1.2.3. Les petites glandes parathyroïdes

Elles sont situées à l'arrière de la glande thyroïde, produisent une hormone qui travaille étroitement avec les hormones thyroïdiennes pour maintenir l'homéostasie de la calcémie et éviter un excès de calcium (appelé hypercalcémie) dans le sang, surplombant le cœur (**PTH Parathormone**).

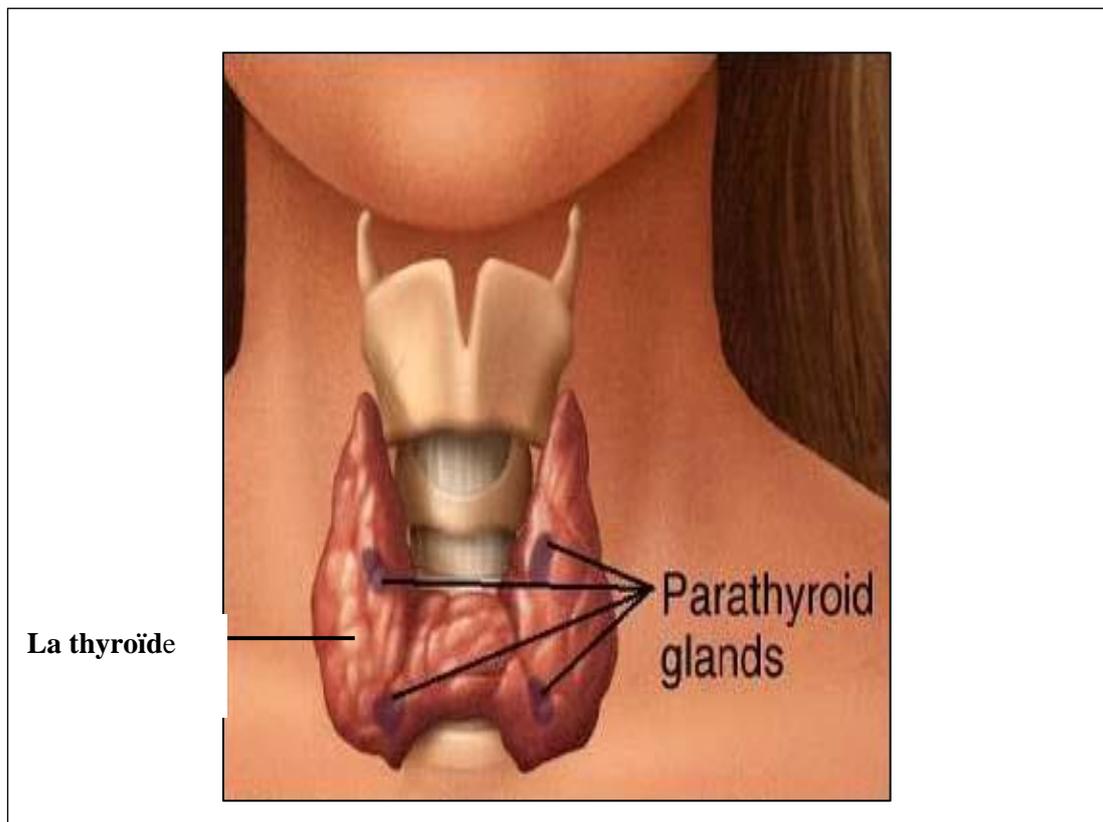


FIGURE N° 04 : LA POSITION DE LA THYROIDE ET LES PARATHYROIDES

I.1.2.4. Le pancréas

Il est situé juste derrière la partie inférieure de l'estomac. C'est le deuxième organe le plus volumineux de l'organisme. Il produit l'insuline et l'hormone glucagon. L'insuline et le glucagon fonctionnent en complémentarité. Si la sécrétion d'insuline est trop faible, le taux de glucose augmente : c'est ce qui se passe dans le diabète, pathologie la plus courante du système endocrinien (**Insuline, Glucagon, Somatostatine**) (**Figure n° 05**).

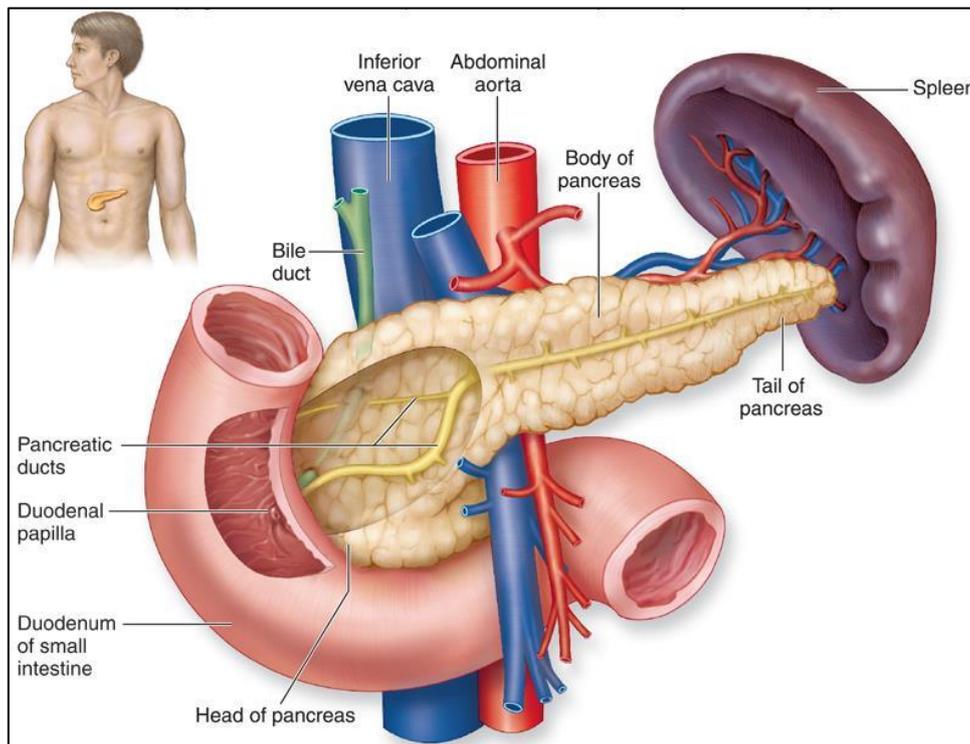


FIGURE N° 05 : LA POSITION DU PANCRÉAS

I.1.2.5. Les glandes surrénales

Elles coiffent la partie supérieure de chaque rein. Elles sécrètent des hormones qui aident à lutter contre le stress. De grandes quantités d'hormones sont libérées chaque fois que le système nerveux sympathique réagit à des émotions intenses, telles que la peur ou la colère.

Ce phénomène peut déclencher une réaction de «lutte ou de fuite» au cours de laquelle la pression artérielle augmente, les pupilles se dilatent, et le sang est dirigé en priorité vers les organes vitaux et les muscles squelettiques. Le cœur est également stimulé. Les glandes surrénales produisent aussi des hormones intervenant dans la production d'énergie, qui régulent le métabolisme des glucides, lipides et protéines. Une autre hormone contrôle l'équilibre hydro électrolytique. Cet équilibre est primordial pour la contractilité des muscles (**Androgènes :**

Sulfate de déhydroépiandrosterone – DHEAS, Déhydroépiandrosterone – DHEA) (Figure n° 06).

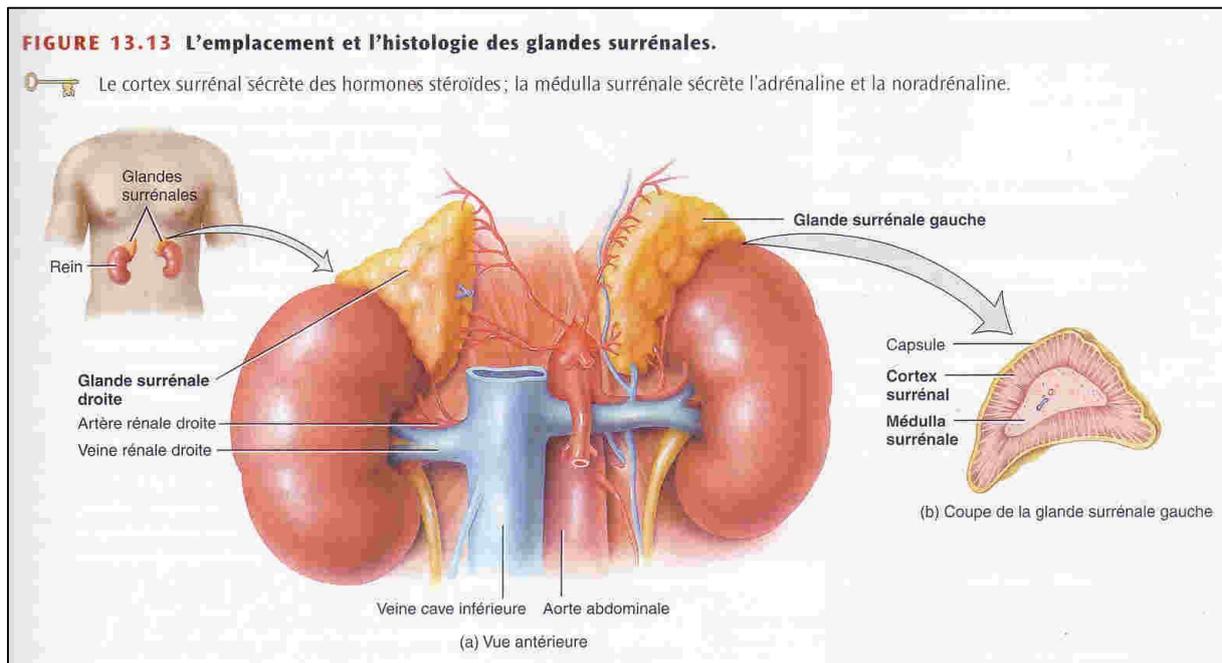


FIGURE N° 06 : LA POSITION DES GLANDES SURRENALES

D'autres organes possèdent des cellules endocrines : hypothalamus, thymus, pancréas, ovaires, testicules, reins, estomac, foie, intestin grêle, peau, cœur tissu adipeux.

I.1.2.6. L'épiphyse (ou glande pinéale)

Il est de forme conique, située en arrière du 3ème ventricule. A partir de la sérotonine elle sécrète, sur un rythme circadien la **mélatonine** dont le rôle est d'établir le cycle jour-nuit et d'empêcher la maturation sexuelle (en inhibant la libération de LHRH) chez l'enfant.

I.1.2.7. Le thymus

Le thymus est une Glande bilobée comportant essentiellement des lymphocytes en cours de maturation. La lymphe transporte les globules blancs vers cet organe, où ils prolifèrent et se transforment en cellules spéciales chargées de lutter contre l'infection.

Il est située dans le thorax, en arrière du sternum, elle varie de taille et d'activité selon l'âge, plus volumineuse et plus active dans l'enfance, régressant ensuite progressivement (fibro-adipose). Elle sécrète la **thymopoïétine** et la **thymosine** dont le rôle concerne l'immunité. Les lymphocytes immatures produits par la moelle osseuse, lors de leur passage dans le thymus,

sous l'influence de ces hormones, se divisent rapidement et se transforment en lymphocytes T (Figure n° 07).

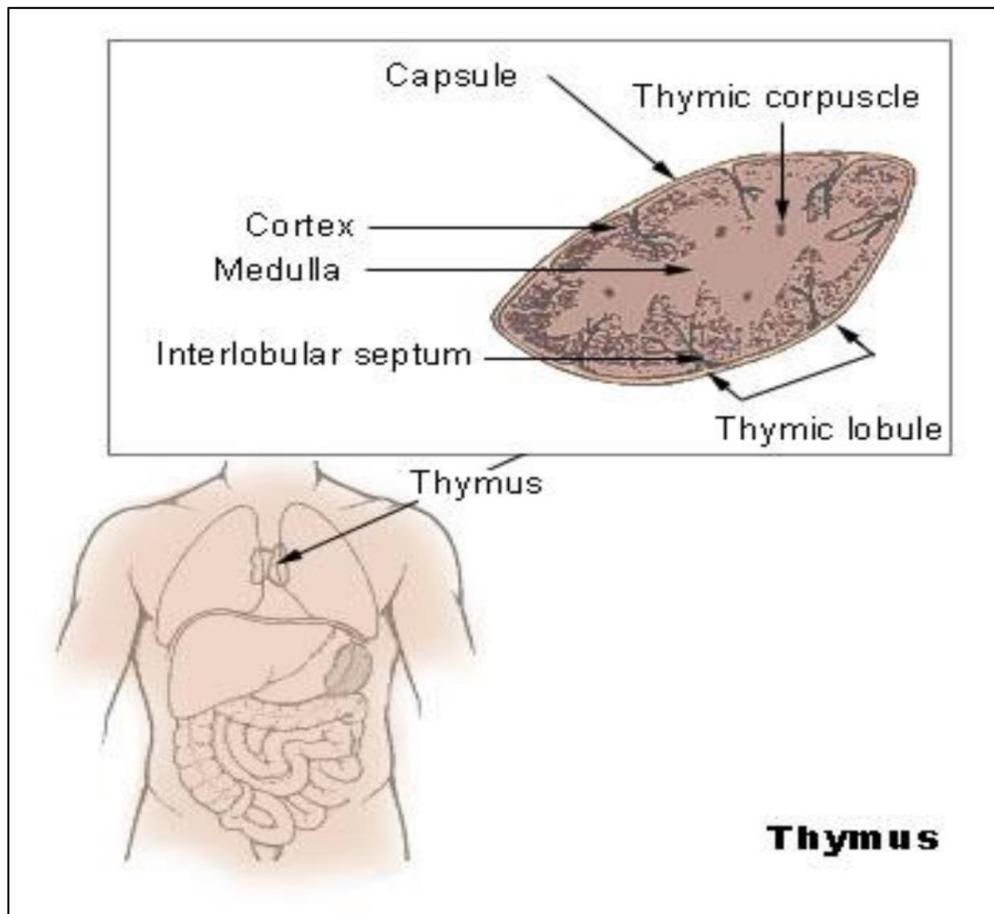


FIGURE N° 07 : LA POSITION DU THYMUS

Il existe d'autres glandes telles que : les testicules et les ovaires.

I.3. Les hormones

Homan= exciter, les hormones sont des molécules informatives sécrétées dans le sang et agissant à distance du lieu de sécrétion via des récepteurs (protéines) capables de les reconnaître sélectivement.

Les hormones libérées par les glandes endocrines peuvent être de nature chimique différente : hormones peptidiques, hormones dérivées du cholestérol, hormones dérivées de stéroïde.

Les hormones sont sécrétées en faible quantité, déversées dans le courant sanguin et transportées, leur action s'effectue à distance en agissant sur des cellules spécifiques (tissu cible) pour produire des effets spécifiques.

Une hormone doit posséder les caractéristiques suivantes :

- Etre chimiquement déterminée,
- Etre sécrétée par un groupe de cellules spécifique,
- Etre déversée et transportée par le sang jusqu'aux cellules cibles,
- Etre capable de provoquer des effets propres sur un tissu cible spécifique.

Le concept d'hormone est souvent basé sur une définition physiologique concernant le sous-compartiment dans lequel la substance est véhiculée : (neurotransm ; neuroh).

I.3.1. La classification des hormones

Les hormones peuvent se répartir en trois groupes en fonction de leurs natures biochimiques :

I.3.1.1. Les hormones peptidiques

Se sont de petites protéines synthétisées par les ribosomes du réticulum endoplasmique granulaire et empaquetées par l'appareil de Golgi dans des vésicules sécrétoires. Elles représentent la majorité des hormones, elles ont une taille variable.

Elles sont synthétisées sous forme de gros peptides inactifs, des pro hormones qui seront activées au moment où on en aura besoin. Ces activations seront enzymatiques ; il y aura une rupture de la pro hormone qui donnera une hormone active.

Le lieu d'activation est fonction de la localisation des enzymes (dans les cellules endocrines, le sang ou les cellules cibles).

I.3.1.2. Les hormones stéroïdes

Elles sont synthétisées dans le cytosol à partir du cholestérol, elles traversent la bicouche lipidique.

I.3.1.3. Les hormones monoaminées

Elles dérivent presque toutes d'un acide aminé la tyrosine, ce sont donc de petites molécules.

I.3.2. Les modes d'action cellulaire des hormones

Seules les cellules cibles de l'hormone sont sensibles aux hormones car elles seules possèdent des récepteurs spécifiques de l'hormone. C'est la présence du récepteur hormonal qui confère à la cellule cible sa sensibilité vis à vis de l'hormone.

Les récepteurs sont spécifiques pour une hormone donnée mais une hormone peut avoir plusieurs types de récepteurs membranaires.

Les hormones interviennent sur tous les métabolismes pour contrôler la croissance ; la reproduction et la thermorégulation. Ces fonctions sont réalisées grâce à la sensibilité de récepteurs qui peuvent être : des volo ou barorécepteurs ; des chimiorécepteurs ; ou tout simplement à la variation du taux d'une autre hormone.

L'activité de chaque hormone est liée à (au) :

- Taux de sécrétion,
- Qualité de sa liaison avec une protéine de transport,
- Son affinité pour ses récepteurs au niveau des cellules cibles,
- Sa vitesse de dégradation et d'excrétion.

I.3.2.1. Les hormones à récepteur intracellulaire

Les hormones liposolubles (H. thyroïdienne et H. stéroïdes) traversent la membrane phospholipidique de la cellule cible et forment un complexe hormone-récepteur cytosolique (ou nucléaire) spécifique. Ce complexe migre dans le noyau et interagit avec l'ADN : active l'expression des gènes codant pour la synthèse d'une protéine (souvent une enzyme).

I.3.2.2. Les hormones à récepteur membranaire

Les hormones se fixent aux récepteurs membranaires. La formation du complexe H-R entraîne une cascade de réactions intracellulaires qui aboutit à la formation d'un SECOND MESSAGER. Le second messenger induit une réponse de la cellule cible : il s'agit le plus souvent de l'activation d'enzymes inactives (protéines kinases) en enzymes actives.

I.3.3. Le transport des hormones

Les hormones hydrosolubles circulent librement dans le sérum, alors que les hormones hydrophobes circulent dans le sang sous forme liée à des protéines spécifiques et à l'albumine ou la pré-albumine. La protéine de transport ne libère l'hormone stéroïde qu'au niveau des capillaires sanguins qui irriguent les organes cibles. Une fois libérée le stéroïde traverse la paroi du capillaire. Seule la fraction libre de l'hormone est active et inter agit avec son récepteur.

I.3.4. Les propriétés des hormones

Les hormones sont réputées par les propriétés suivantes :

- Agissent à des doses faibles,
- Leur catabolisme est rapide (quelques heures),
- Une fois sécrétée, une hormone est dégradée par des enzymes dans les cellules cibles, dans les reins ou dans le foie,

- Les hormones ont une durée d'action de 20 minutes à plusieurs heures,
- Le temps de latence d'une hormone varie de quelques secondes à plusieurs jours.

I.3.5. La régulation des hormones

Il existe trois stimuli de la sécrétion des hormones : stimulus humoral, stimulus nerveux, stimulus hormonal :

I.3.5.1. Le stimulus humoral

La sécrétion est contrôlée par un soluté Ex : - le taux de glucose détermine la quantité d'insuline qui doit être sécrétée ; - la baisse de la calcémie entraîne la libération de la PTH.

I.3.5.2. Le stimulus nerveux

La sécrétion est contrôlée par le système nerveux directement (la régulation de la libération des catécholamines par la médullo-surrénale) et indirectement (la modification de la libération hormonale par des stimulations sensitives ou par certains états émotionnels, la prolactine).

I.3.5.3. Le stimulus hormonal

La sécrétion est contrôlée par une hormone, tel que le système étagé hypothalamo-hypophysaire glande périphérique.

La régulation hormonale se fait aussi par rétro contrôle ou feed back, donc elle peut être influencée par deux substances : l'hormone elle-même ou le produit dont elle règle la production. Le but de l'auto régulation est de revenir en permanence à un état (rétro contrôle négatif et rétro contrôle positif).

CHAPITRE II : LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS

II.1. Introduction

La cellule est l'unité de base de de cellules différentes, réunis par des structures intercellulaires. Chez les organismes pluricellulaires, les cellules baignent dans un environnement liquide. C'est un milieu hydrique qui correspond au liquide extracellulaire contenu dans le corps et séparé du milieu extérieur par le tissu cutané s'interposant entre le milieu extérieur proprement dit, et le milieu intracellulaire (**Figure n° 08**).

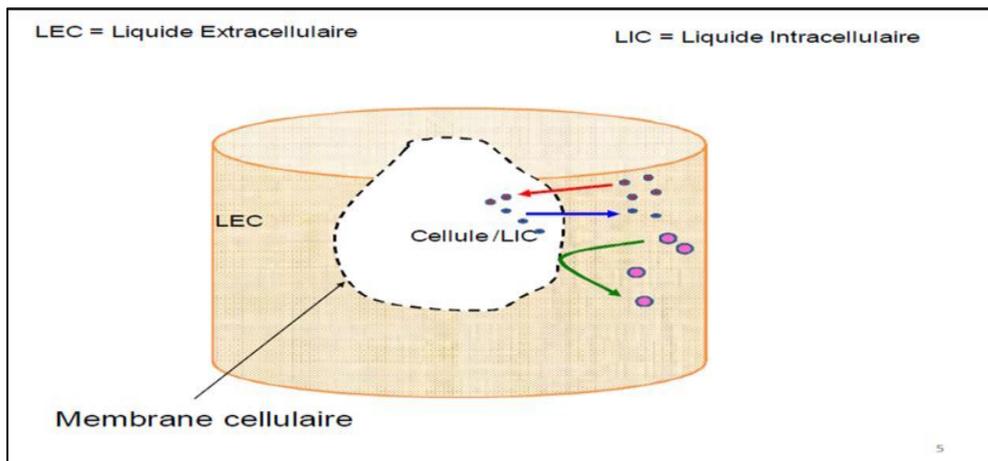


FIGURE N° 08 : L'ENVIRONNEMENT LIQUIDE DE L'ORGANISME

Environ 60 % du poids du corps sont constitués par de l'eau c.à.d. 40 % de structures non hydriques. En réalité, plus on vieillit, plus la quantité d'eau dans l'organisme diminue, et à la fin on se dessèche.

Dans l'eau totale, on distingue : les liquides intracellulaires, environ 40 % du poids du corps, les liquides extracellulaires, soit 20 % du poids du corps (**Figure n° 09**).

- Pour un sujet de 70 kg, l'eau correspond à 60 % du poids du corps, c'est à dire 42 L.
- Il existe des variations physiologiques individuelles en fonction de la teneur en graisse et de l'âge (de 45 % à 75 %).

Pertes : 2300 g / jour →

- 1400 g d'urine	}	pertes sensibles
- 100 g de matières fécales		
- 100 g de transpiration		
- 350 g de perspiration cutanée	}	pertes insensibles
- 350 g de perspiration respiratoire		

Apports : eau de boisson et eau métabolique

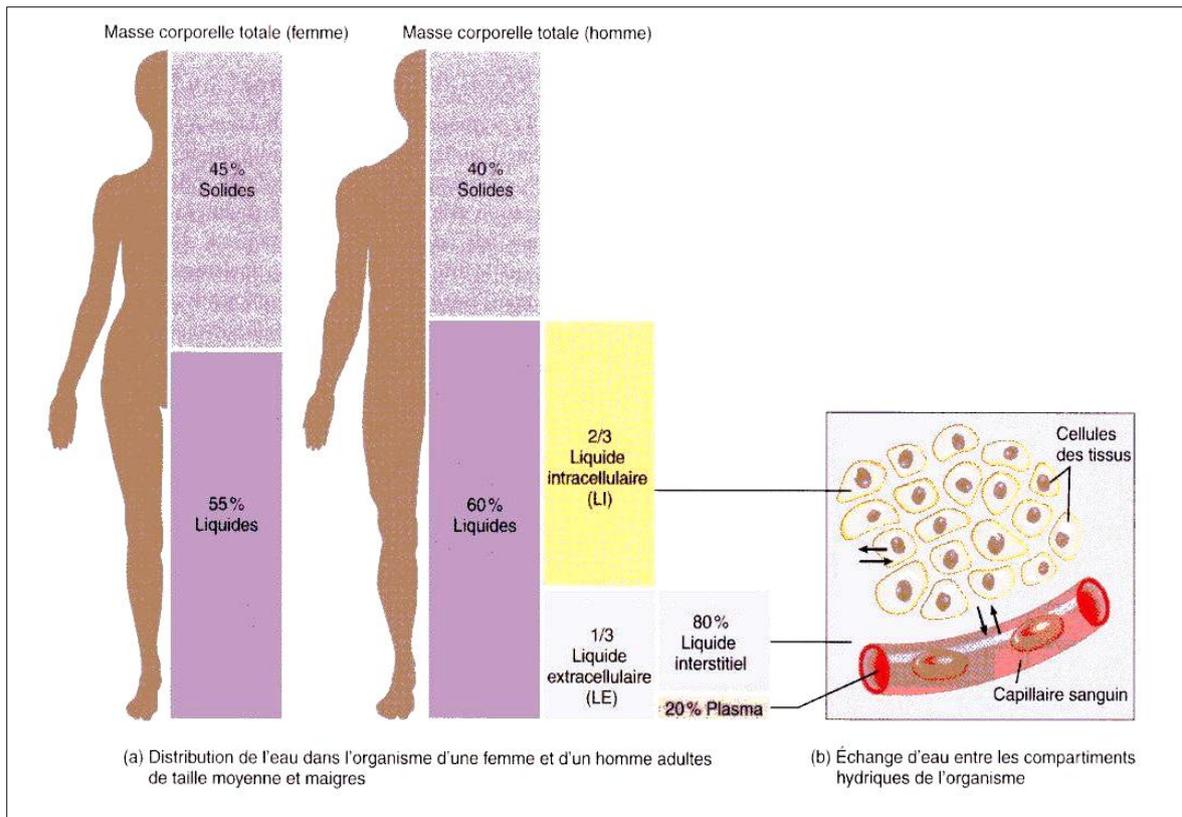


FIGURE N° 09 : LES POURCENTAGES DES LIQUIDES DANS L'ORGANISME

II.2. Définition du milieu intérieur

Le milieu intérieur est un milieu hydrique, constitué d'un ensemble de **liquides extracellulaires** qui comprennent le **liquide interstitiel**, **la lymphe** et **le sang** (le plasma).

Un organisme constitué de cellules ne peut être envisagé que si ce milieu est plus ou moins équilibré, et cet équilibre est assuré par des organes spécialisés pour le maintien de ce milieu : c'est l'**homéostasie** du milieu intérieur.

La lymphe est constituée de **lymphe canalisée** et du **liquide interstitiel**, ces deux liquides constituent le milieu de vie des cellules.

Le liquide interstitiel (interstitium) est un liquide incolore ionique, il remplit l'espace entre les capillaires sanguins et les cellules.

II.2.1. Caractéristiques du milieu intérieur

Le milieu intérieur possède 2 caractéristiques :

II.2.1.1. Caractères physico-chimiques stables

a. La molarité (1mol/L) – molalité 1mol/kg

b. La pression osmotique : la pression osmotique PO développée par une solution contenant une mole de soluté par L de solution.

c. La concentration molaire : la concentration molaire c'est la masse en gramme d'une molécule gramme.

PM g/l = 1 M /l

Exp : Sodium Na⁺ : PM = 23 (tableau périodique)

23 g/l = 1 mole/l = 1 molaire

23 mg/l = 1mmole/l

d. L'équivalent (Eq) : la concentration (Eq)= concentration molaire x valence : l'équivalent permet d'étudier la répartition des charges dans une solution, en effet cette concentration s'intéresse surtout aux substances fortement dissociées (Exp : Na).

e. Le pH : Le potentiel hydrogène qui est un potentiel acide.

f. La température

g. La charge électrique

II.2.1.2. Les caractères dynamiques

Le milieu intérieur se caractérise principalement par des renouvellements permanents de son homogénéité.

II.3. Les compartiments liquidiens

L'eau totale de l'organisme correspond en moyenne de 2/3 du poids du corps (PC), soit 50-70%. Elle subit des variations importantes (**Figure n° 10**) :

- Aux différents âges de la vie (ce pourcentage diminue avec l'âge).
- Selon le sexe : plus importante chez l'homme que chez la femme.
- Elle est inversement proportionnelle à la teneur de l'organisme en graisse.

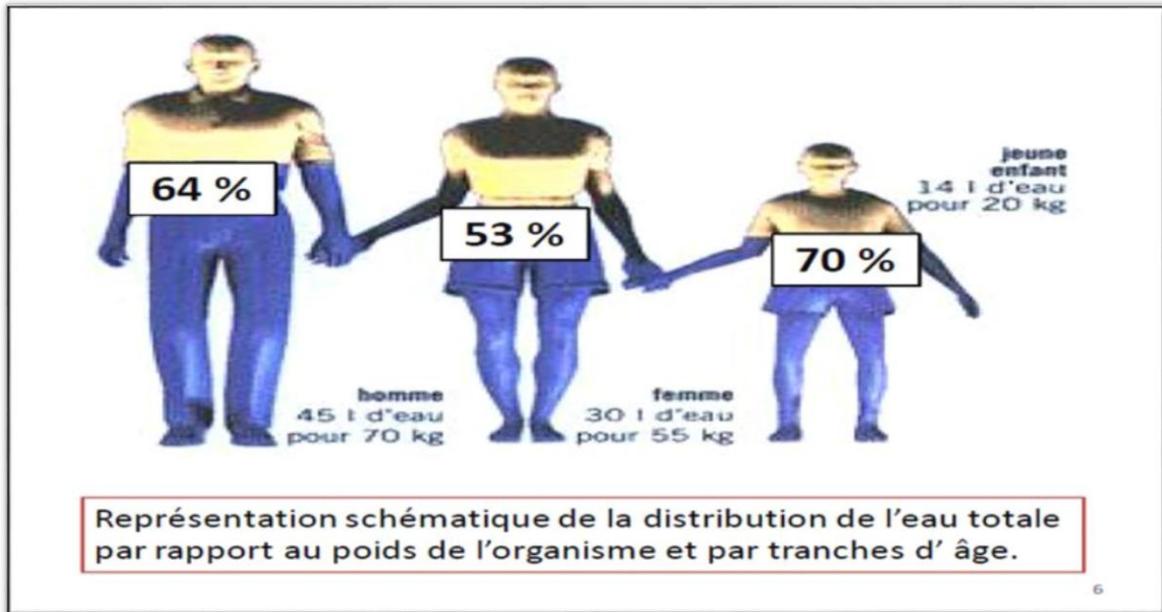


FIGURE N° 10 : LA DISTRIBUTION DE L'EAU TOTALE DANS L'ORGANISME EN FONCTION DE L'AGE

II.3.1. La répartition de l'eau dans l'organisme

L'eau se répartit dans en deux grands compartiments (Figure n° 11) :

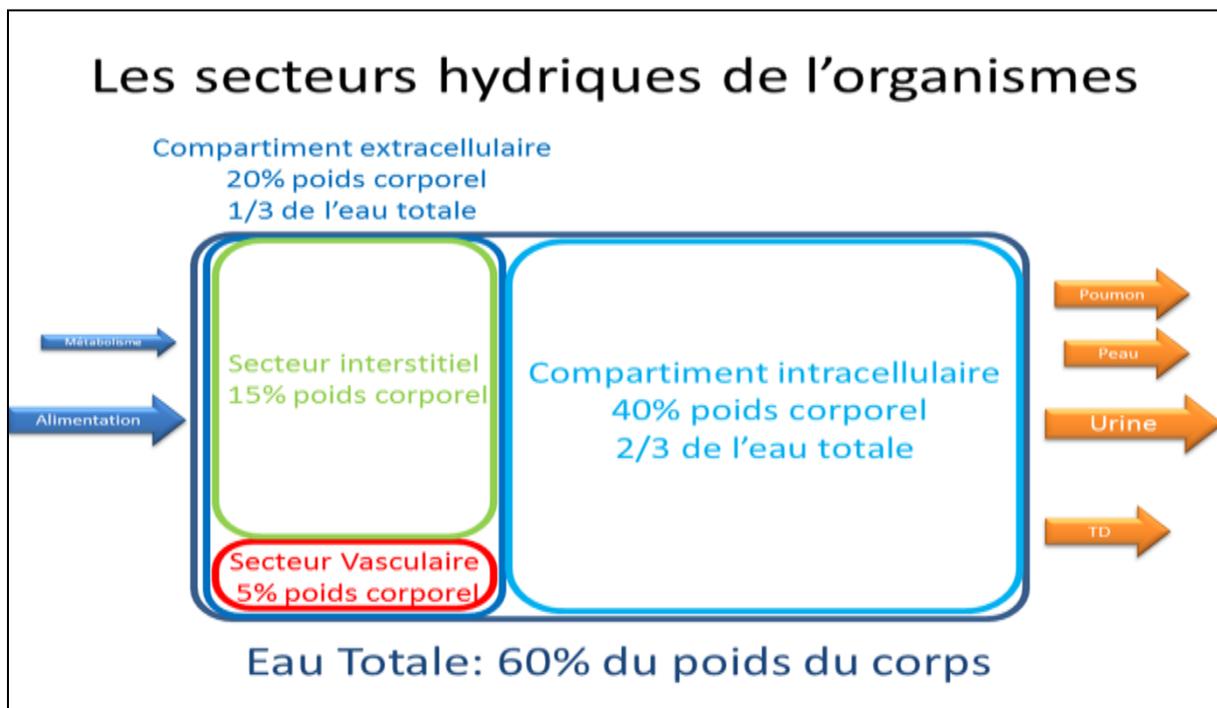


FIGURE N° 11 : LA DISTRIBUTION DE L'EAU TOTALE DANS L'ORGANISME

II.3.1.1. Un compartiment intracellulaire (CIC)

Le compartiment intracellulaire est limité par la membrane plasmique perméable à l'eau et correspond à 60 % de l'eau totale. Cette partie est représentée par 40% du poids corporel, sa composition est hétérogène en fonction des tissus.

Le liquide intracellulaire ou cytosol, est une substance semi liquide du cytoplasme, ayant un aspect visqueux, transparent et gélatineux .il contient :

- 75-90% d'eau qui diffèrent selon le type cellulaire (Hépatocyte 70, Adipocyte 10%).
- Enzymes et coenzymes, des protéines solubles.
- Ions et nutriments qui participent aux réactions du métabolisme de l'organisme.

II.3.1.2. Un compartiment extracellulaire (CEC)

Ce compartiment est représenté par 20% du poids corporel, soit 15% de secteur interstitiel et 05% de plasma (**Figure n° 12**).

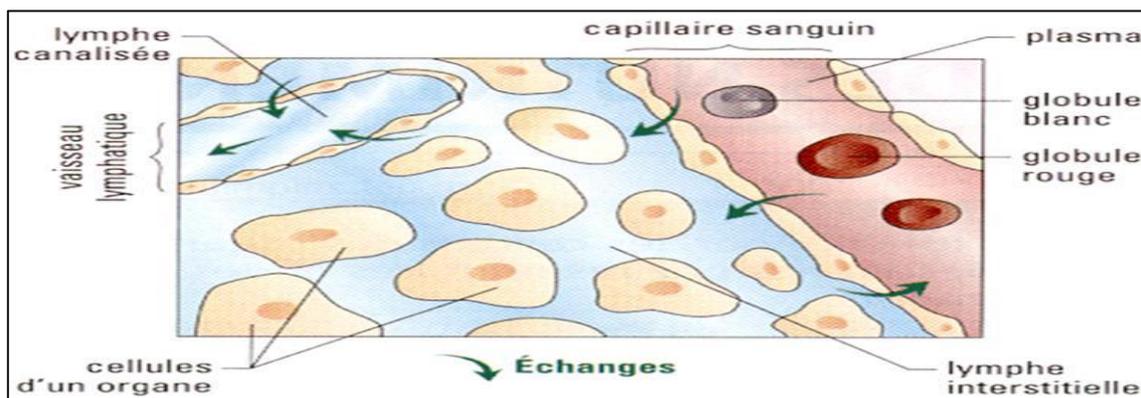


FIGURE N° 12 : LE COMPARTIMENT EXTRACELLULAIRE

II.3.1.3. Le plasma

Le plasma représente 4 % du poids du corps, il est situé dans les vaisseaux sanguins. C'est un liquide jaune pâle dit plasma obtenu par centrifugation du sang.

Le plasma se compose de -91-92% d'eau, et des substances azotées telles que l'urée, la créatinine, l'acide urique, et le glucose, les lipides, ainsi que les protéines.

II.3.1.4. Le compartiment interstitiel

Le compartiment interstitiel est situé dans l'espace entre capillaire sanguin et les cellules, c.à.d. à l'extérieur des cellules et des vaisseaux sanguins. Il se compose d'ions, identiques à celle du

plasma et de protéines. Les échanges peuvent se faire entre les deux compartiments.

II.3.1.5. Les petits compartiments

Ces petits compartiments représentent de petits volumes, mais ce sont des liquides importants en pathologie.

- Le LCR → méningites.
- Le liquide intra-oculaire → glaucome.
- Le liquide pleural → pleurésie infectieuse ou d'origine hémodynamique (infection de la membrane des poumons).
- Le liquide péricardique → péricardite et le syndrome de tamponnade.
- Le liquide péritonéal → péritonite.

II.3.1.6. Le volume sanguin

Le volume sanguin comprend 5 L de sang répartis dans les vaisseaux et le cœur. Le sang joue un rôle de transport des nutriments, des déchets, de différentes protéines, hormones, protéines porteuses, facteurs de coagulation, il est composé d'éléments figurés et de plasma.

$$\text{L'hématocrite} = \text{ - Volume globulaire / volume sanguin } \rightarrow V_g / V_s$$

$$\text{Hct réel} = 96 \% \text{ de Hct mesuré}$$

Chez l'homme, l'hématocrite est d'environ 42 % et chez la femme de 36 %, Il existe des variations normales ou pathologiques du taux d'hématocrite : déshydratation, anémie, polyglobulie.

II.4. Les échanges entre les compartiments

II.4.1. Les échanges entre le milieu intra et extracellulaire

Ces échanges se font à travers la membrane cellulaire par :

II.4.1.1. Le transport actif

II.4.1.2. Le transport passif

a. La pression osmotique : l'osmose c'est la diffusion de l'eau à travers une membrane perméable seulement à l'eau, du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.

La Pression osmotique : c'est la contre pression qu'il faudrait exercer sur le liquide pour empêcher la diffusion de l'eau.

b. Les échanges capillaires : ils se déroulent sous plusieurs formes :

- **La diffusion simple**, à ce niveau les substances liposolubles traversent la bicouche lipidique des cellules endothéliales. Et les substances hydrosolubles passent par les fenestrations ou les fentes intercellulaires.
- **La transcytose**, le transport par l'intermédiaire de vésicules qui entrent par endocytose et ressortent par exocytose.
- **Diffusion à travers les canaux protéiques, exp** : les canaux calciques.

II.4.1.3. Les mouvements de l'eau entre le secteur vasculaire et interstitiel

a. La pression hydrostatique capillaire (PH c) : secteur vasculaire \Rightarrow Secteur interstitiel.

b. La pression hydrostatique interstitiel (PH i) : secteur interstitiel \Rightarrow Secteur vasculaire.

c. La pression oncotique capillaire (PO c) : la pression oncotique capillaire est créée par les protéines présentes dans le secteur vasculaire. Elle s'oppose aux mouvements d'eau.

Secteur interstitiel \Rightarrow Secteur vasculaire.

d. La pression oncotique interstitiel (PO i) : la pression oncotique interstitiel est presque négligeable (protéines presque nulle) Secteur vasculaire \Rightarrow Secteur interstitiel

Les échanges entre l'interstitium et le plasma se font passivement à travers la paroi endothéliale selon un gradient de concentration :

- Urée, glucose, diffusent librement.
- Electrolytes, acides aminés, acides gras, diffusent assez librement.
- Les protéines ne traversent pas la membrane vasculaire

CHAPITRE III : LA RESPIRATION

III.1. Introduction

La respiration représente l'ensemble des mécanismes par lesquels les cellules procèdent à des échanges gazeux avec l'extérieur.

Le but de la respiration est d'amener l'oxygène à toutes les cellules de l'organisme en fonction de leurs besoins et de prendre en charge le CO₂ rejeté. L'oxygène sert au processus d'oxydation au niveau des mitochondries.

La respiration a un rôle essentiel, sa fonction principale est de :

- Apporter de l'oxygène, O₂ aux cellules de l'organisme.
- Débarrasser l'organisme des déchets : CO₂ (gaz carbonique en excès).
- Maintenir à un niveau normal les paramètres sanguins (réservoir sanguin, mesure par les gazes du sang : paO₂, paCO₂, SaO₂).
- Phonation, déglutition, hoquet, rires, bâillement, reniflement, soupir, vomissements.
- Défense de l'organisme.
- Fonction métabolique, filtre circulatoire.
- Thermorégulation et balance hydrique, pH.
- quelles soient les demandes de l'organisme : repos, sommeil, effort de la vie courante : marche, montée d'escalier, effort intense de type sportif.

La respiration comprend 5 étapes (**Figure n° 13**) :

- Ventilation pulmonaire et sa régulation.
- Echange gazeux alvéolo-capillaire.
- Transfert des gaz (O₂ et CO₂).
- Echanges hémato-cellulaires.
- Respiration cellulaire.

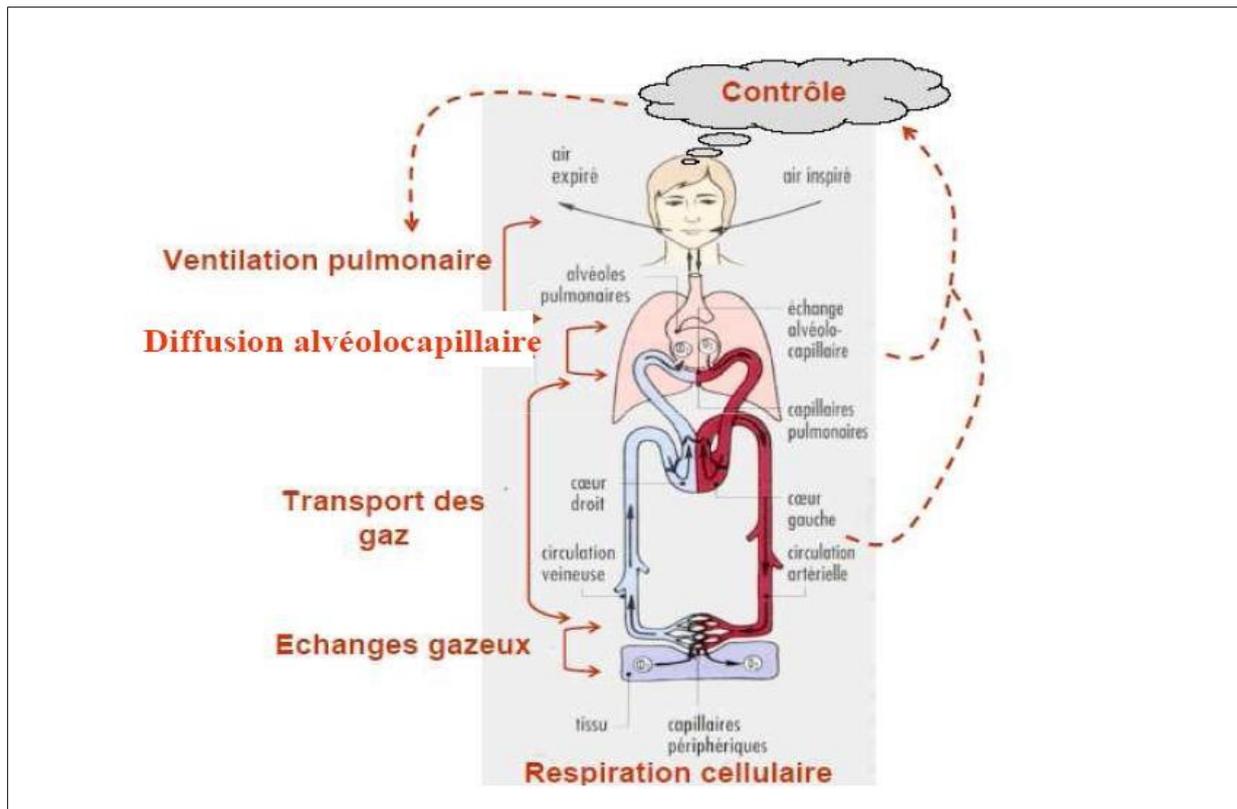


FIGURE N° 13 : LE MECANISME DE LA RESPIRATION

III.2. L'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire est composé des voies aériennes qui relient l'air atmosphérique à l'air alvéolaire des poumons. Le système respiratoire et le système cardiaque fonctionnent ensemble (**Figure n° 14**).

III.2.1. Les voies aériennes

C'est l'ensemble des voies que l'air emprunte pour aboutir aux poumons. Du milieu extérieur, l'oxygène passe dans le tractus respiratoire par :

- Les fosses nasales,
- La bouche,
- Le pharynx,
- Le larynx (début de la trachée),
- La trachée,
- Les bronches (primaires qui se ramifient en bronchioles avec des fibres musculaires).

Ces voies ont un rôle conducteur mais servent aussi à réchauffer, hydrater et dépoussiérer l'air. Cette dernière fonction est prise en charge par des cellules sécrétrices dont le mucus piège les

différentes particules. On a aussi des cellules ciliées qui déplacent ces particules vers le pharynx.

III.2.2. Les poumons

Les poumons sont limités ventralement par le diaphragme. Ils sont divisés en lobes (3 à droite et 2 à gauche). Ils sont enveloppés par un feuillet viscéral contre les poumons et par un feuillet pariétal qui tapisse la paroi thoracique.

Entre les deux feuillets se situe la cavité pleurale qui est remplie d'un liquide qui joue un rôle protecteur.

Dans un lobe de poumon, on trouve :

- Une bronche primaire,
- Des bronches secondaires,
- Des bronches tertiaires,
- Des bronchioles à l'extrémité desquelles on trouve les sacs alvéolaires.

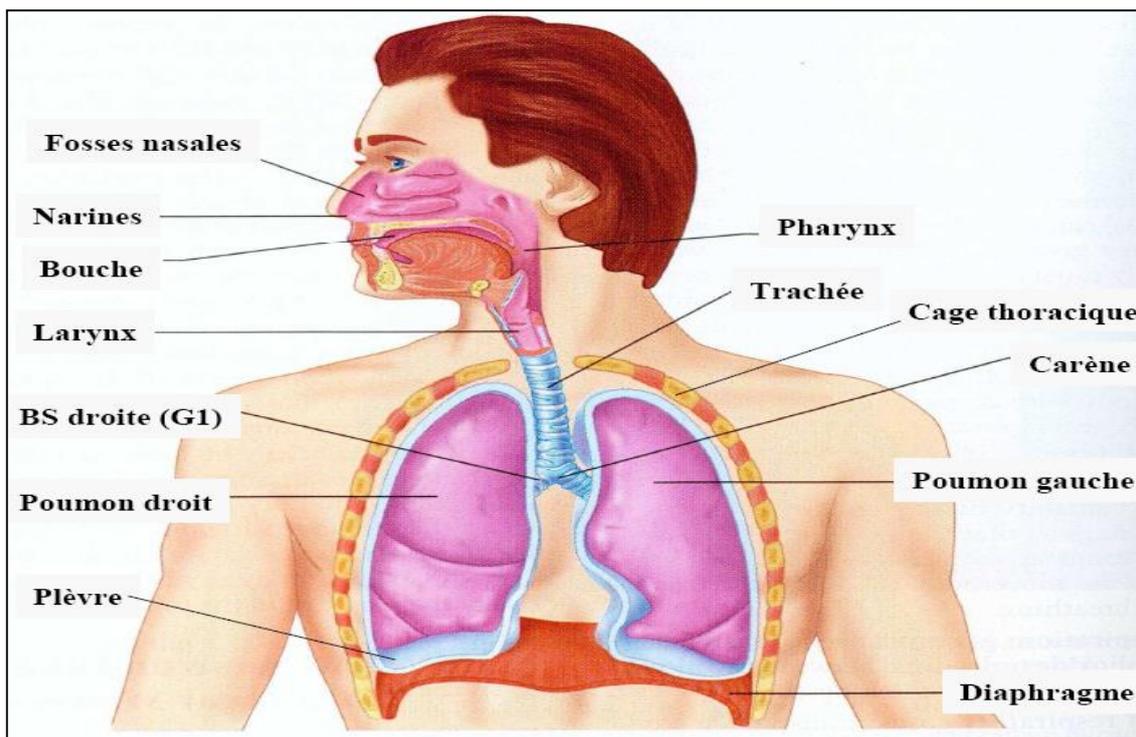


FIGURE N° 14 : L'APPAREIL RESPIRATOIRE

III.3. Le mécanisme respiratoire et la ventilation

Le but de cette phase respiratoire est d'assurer la ventilation des parties profondes des poumons afin de renouveler l'air.

La ventilation correspond aux mouvements d'air à l'intérieur et à l'extérieur des poumons (inspiration et expiration). Il s'agit d'un balayage alternatif d'une zone d'échange (**Figure n° 15**).

Le renouvellement de l'air est dépendant des différences de pression entre l'air extérieur (atmosphérique) et l'air intra-alvéolaire.

III.3.1. L'inspiration

L'inspiration est un phénomène actif. La variation de volume est due aux mouvements de la cage thoracique. Les muscles intercostaux externes se contractent et les muscles relevant les côtes se contractent. On a ainsi une augmentation du volume de la cage thoracique sur un plan horizontal.

Le diaphragme se contracte, donc s'abaisse. Le volume augmente sur un plan vertical. Les poumons suivent passivement les mouvements de la cage thoracique car ils sont solidaires de la cage thoracique.

La pression est de 760 mm de mercure (Hg) dans les poumons (plus faible que la pression atmosphérique).

III.3.2. L'expiration

L'expiration est un phénomène passif. Les muscles contractés se relâchent et le diaphragme remonte. Le volume de la cage thoracique diminue. Les poumons reprennent leur volume initial. Grâce à la différence de pression, l'air est expiré. La pression des poumons est supérieure à la pression atmosphérique et l'air est expulsé.

Les expirations forcées sont des phénomènes actifs qui demandent la contraction des muscles intercostaux internes et des muscles abdominaux. Cette mécanique peut être étudiée par un spiromètre (appareil qui permet aussi la détection de l'asthme). Quand 500 mL d'air rentrent, seuls 350 mL pénètrent dans les alvéoles.

L'air en surplus reste dans les voies aériennes qui sont dites « espace respiratoire morte ». On a 7,5 L d'air inspiré par minute et 450 L inspiré par heure.

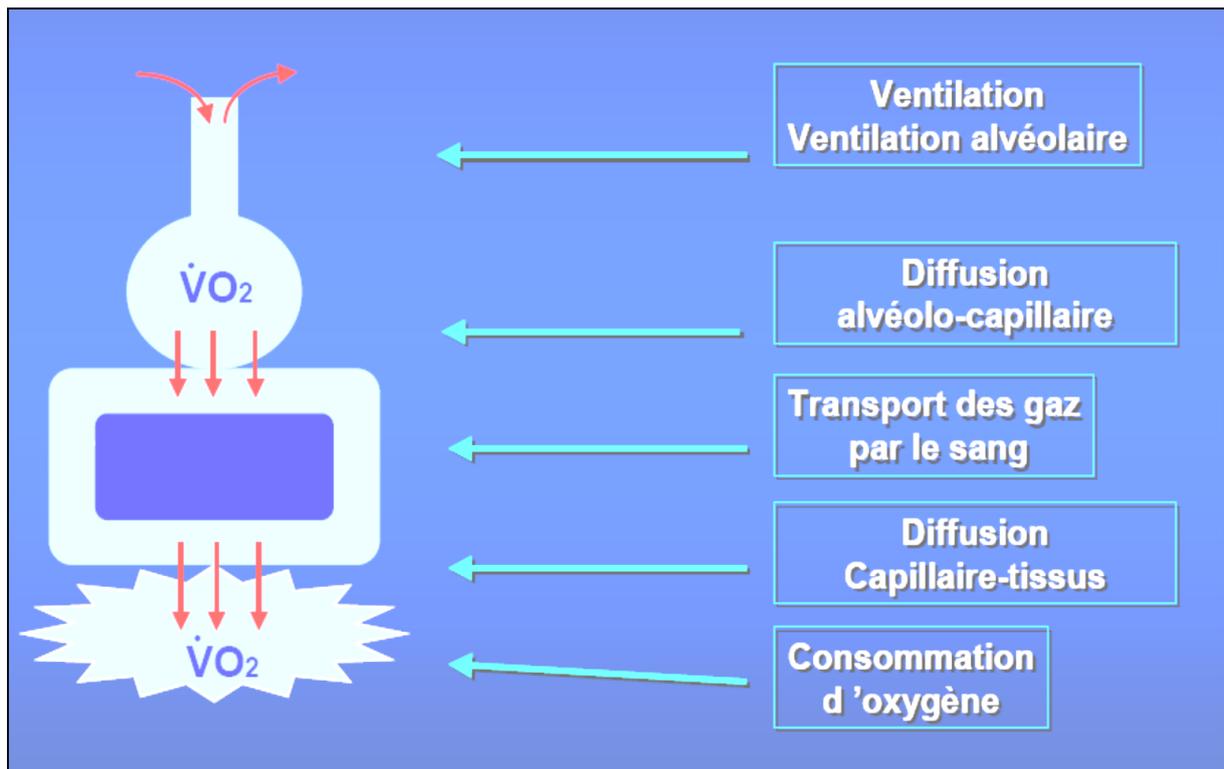


FIGURE N° 15 : LE MECANISME RESPIRATOIRE ET LA VENTILATION

III.3.3. Les volumes d'air d'une respiration normale

A chaque inspiration et à chaque expiration sont mobilisés des quantités d'air très variables selon la taille des animaux.

III.3.3.1. Le volume courant (VC)

C'est le volume d'air mobilisé par une inspiration ou une expiration au cours de cycle ventilatoire.

Exp : Homme : 500 ml - cheval : 4000 à 6000 ml - bœuf : 350 ml - chèvre : 300 ml.

III.3.3.2. Volume résiduel (VR)

C'est le volume de gaz qui reste dans les poumons après une expiration maximale, il ne participe pas aux échanges gazeux.

Exp : Homme : 1500 ml - cheval : 3000 ml.

III.3.3.3. Volume de réserve inspiratoire (VRI)

C'est le volume d'air maximal inspiré après une inspiration normale.

Exp : Homme : 2000 ml à 3200 ml - cheval : 10000 à 20000 ml.

III.3.3.4. Volume de réserve expiratoire (VRE)

C'est le volume d'air maximal après une expiration normale.

Exp : Homme : 750 ml à 1500 ml - cheval : 10000 à 12000 ml.

III.3.3.5. Capacité vitale (CV)

C'est le volume d'air maximum pouvant entrer et sortir des poumons lors d'une inspiration forcée et d'une expiration forcée.

Exp : Homme : 4,8 l - cheval : 30 l.

$$\text{CV} = \text{VC} + \text{VRI} + \text{VRE}$$

III.3.3.6. Capacité pulmonaire totale (CPT)

C'est le volume gazeux présent dans le poumon à la fin d'une inspiration complète.

Exp : Homme : 6000 à 70000 ml.

$$\text{CPT} = \text{CV} + \text{VR}$$

$$\text{CPT} = \text{VC} + \text{VRI} + \text{VRE} + \text{VR}$$

III.3.3.7. Capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)

C'est le volume d'air qui reste dans les poumons après une expiration normale.

$$\text{CRF} = \text{VR} + \text{VRE}$$

III.4. La régulation de la respiration

La succession de cycles respiratoires permet de déterminer un automatisme ventilatoire, qui est dû à des neurones situés dans le bulbe qui constituent les centres respiratoires (inspirateur et expirateur). Ces nerfs (moteurs et phréniques) innervent les muscles respiratoires (diaphragme et intercostaux).

Les stimuli sensitifs partent des poumons, passent par le nerf vague et vont informer les centres respiratoires sur l'état d'inflation.

III.4.1. Influence des stimuli chimiques

Le rythme et l'amplitude des mouvements respiratoires sont réglés par des variations de paramètres sanguins (pression partielle en CO₂, O₂ et pH).

Ces paramètres sont perçus par des chémorécepteurs. Les chémorécepteurs centraux (au niveau du bulbe) sont sensibles aux variations de pH du liquide céphalo-rachidien).

Une augmentation de la concentration en CO₂ entraîne l'augmentation de la ventilation. Les barorécepteurs, au niveau de la crosse aortique et de la bifurcation carotidienne, sont sensibles à la pression partielle en CO₂.

L'augmentation de la pression partielle en CO₂ ou la diminution de celle en O₂ entraîne l'augmentation de la ventilation.

III.4.2. Autres influences

Etat d'activité (sommeil, exercices physiques, repos ...), volonté, émotions, toux, éternuements, douleurs.

Au niveau des bronchioles, les muscles lisses sont sensibles à la pression partielle en CO₂ ; si la quantité de CO₂ augmente, les muscles lisses se relâchent en entraînant une broncho-dilatation et l'excès de CO₂ est expiré.

III.5. Les échanges gazeux

Les transferts des gaz s'effectuent par diffusion purement physique à travers la membrane alvéolo-capillaire en fonction d'un gradient de pression de part et d'autre de la membrane.

- Un phénomène passif qui ne consomme pas d'énergie.
- Le gaz se déplace de la zone de haute pression vers la zone de basse pression.

III.5.1. Les échanges d'oxygène

Le sang artériel se dirige vers les tissus, il contient environ 3 ml d'O₂ en solution et 130 ml d'O₂ combiné à l'hémoglobine. La pression partielle d'O₂ (PO₂) au niveau artérielle est de 100 mm Hg et la pression partielle dans les tissus au repos est juste un peu plus faible que celle que l'on trouve dans le sang veineux 35 mm Hg. L'O₂ quitte alors le plasma à travers la paroi capillaire pour atteindre les cellules.

- Pour un tissu au repos, 30% d'O₂ présent libérés.

- Pour un tissu en activité, le coefficient d'utilisation est très grand. Des muscles très actifs peuvent soustraire presque tout l'oxygène qui leur est amené par le sang artériel. Quand le sang veineux (40 mm Hg) passe à travers les poumons, il est exposé à la pression partielle d'O₂ alvéolaire de 100 mm Hg.

Il y a donc augmentation de la pression d'O₂ dans le plasma, l'hémoglobine exposée à cette haute pression prend en charge l'O₂, le sang artériel quitte le poumon saturé en O₂ (97%).

III.5.2. Les échanges de dioxyde de carbone

Le sang artériel qui atteint les tissus à une pression partielle de CO₂ de 40 mm Hg, le sang veineux a une pression de 46 mm Hg.

La pression de CO₂ des tissus au repos est supérieure à 46 mm Hg, ainsi, le CO₂ diffuse des tissus vers le capillaire. Le CO₂ diffuse plus facilement que l'O₂ et il faut une différence de pression plus forte pour permettre l'échange complet d'O₂ par rapport au CO₂.

III.6. Le transport des gaz par le sang

III.6.1. Le transport de l'oxygène

Le transport de l'oxygène se trouve sous deux formes :

- 2% de l'O₂ est transporté sous forme dissoute ce qui représente : 0,3 ml / 100 ml de sang soit 9 à 15 ml d'O₂ pour 5l de sang.
- 98% de l'O₂ est lié à l'hémoglobine des globules rouges (sous forme combiné).
L'hémoglobine dans les globules rouge forme avec l'O₂ : l'oxyhémoglobine

Au niveau artériel, la pression est de 100 mm Hg : 97% de l'hémoglobine est combiné à l'O₂. Quand le sang arrive au niveau capillaire, la pression d'O₂ s'abaisse à 40 mm Hg : 70% d'hémoglobine sont combinés à l'O₂ ; ainsi 27% de l'hémoglobine cèdent leur O₂ aux cellules.

III.6.2. Le transport de dioxyde de carbone

Le CO₂ est lui aussi transporté sous deux formes :

- Sous forme dissoute : 5% à 10% du CO₂ = 3 ml / 100 ml de sang soit 90 à 150 ml de CO₂ pour 5 l de sang.
- 5% se trouvent combinés à l'eau sous forme de bicarbonates selon la réaction.
- 25% se trouvent dans les hématies liés à l'hémoglobine sous forme de carbhémoglobine.

CHAPITRE IV : LA CIRCULATION SANGUINE

IV.1. Introduction

La circulation sert au maintien de l'homéostasie. C'est le sang, phase circulante du milieu interne, qui va en déterminer le réglage.

La circulation a un rôle dans :

- La nutrition (distribution des nutriments),
- Le transport des gaz respiratoires (O₂ et CO₂),
- L'élimination des déchets, - le transport des informations (hormones),
- L'équilibrage de la température,
- La défense de l'organisme. Le sang est distribué par le cœur vers les vaisseaux.

L'ensemble du sang, des vaisseaux et du cœur forment l'appareil cardio-vasculaire. La circulation lymphatique est un système de drainage qui participe à la défense de l'organisme. Elle fonctionne sans pompe mais avec les vaisseaux. La lymphe rejoindra la circulation sanguine.

Le système cardio-vasculaire est clos (pas de contact direct entre le sang et les cellules). Il se ramifie en artères (1/5 du volume sanguin), veines (2/3 du volume sanguin) et capillaires qui relient les artères aux veines et assurent les échanges entre le sang et les tissus.

La circulation est composée de deux parties :

VI.2. La grande circulation (ou générale)

Elle permet l'irrigation des différents organes et des tissus. Le cœur gauche propulse le sang dans l'aorte, dans les artères, les artérioles, les capillaires, les veinules puis les veines qui ramènent le sang au cœur droit.

Le système est exclusivement composé de sang veineux. Il récupère le sang du tube digestif vers le foie où il est épuré. Il rejoint la grande circulation par la veine sus-hépatique au niveau de la veine cave.

VI.3. La petite circulation (ou pulmonaire)

Elle se charge des échanges entre l'air alvéolaire et le sang. Ce dernier est ramené (au cœur gauche) par quatre veines pulmonaires.

VI.4. La physiologie cardiaque

Le cœur est un muscle creux situé au milieu de la poitrine, entre les poumons. Il a la forme d'une poire et la grosseur d'un poing. Son rôle est de faire circuler le sang dans l'ensemble du corps, toujours dans le même sens. C'est pourquoi il est connecté aux vaisseaux sanguins.

Par sa contraction rythmique assure la progression du sang dans les vaisseaux : c'est une pompe. Il repose sur le diaphragme et est composé de quatre cavités. Il est divisé longitudinalement en deux parties indépendantes. Le cœur gauche est le plus puissant car il doit irriguer tout le corps.

On trouve la cloison inter auriculaire entre les oreillettes et la cloison interventriculaire entre les ventricules. Pendant le développement embryonnaire, il existe une communication entre les oreillettes.

Le cœur est divisé en deux ; un cœur droit rempli de sang foncé chargé en CO₂ et un cœur gauche rempli de sang vermeil riche en O₂. (Figure n° 16).

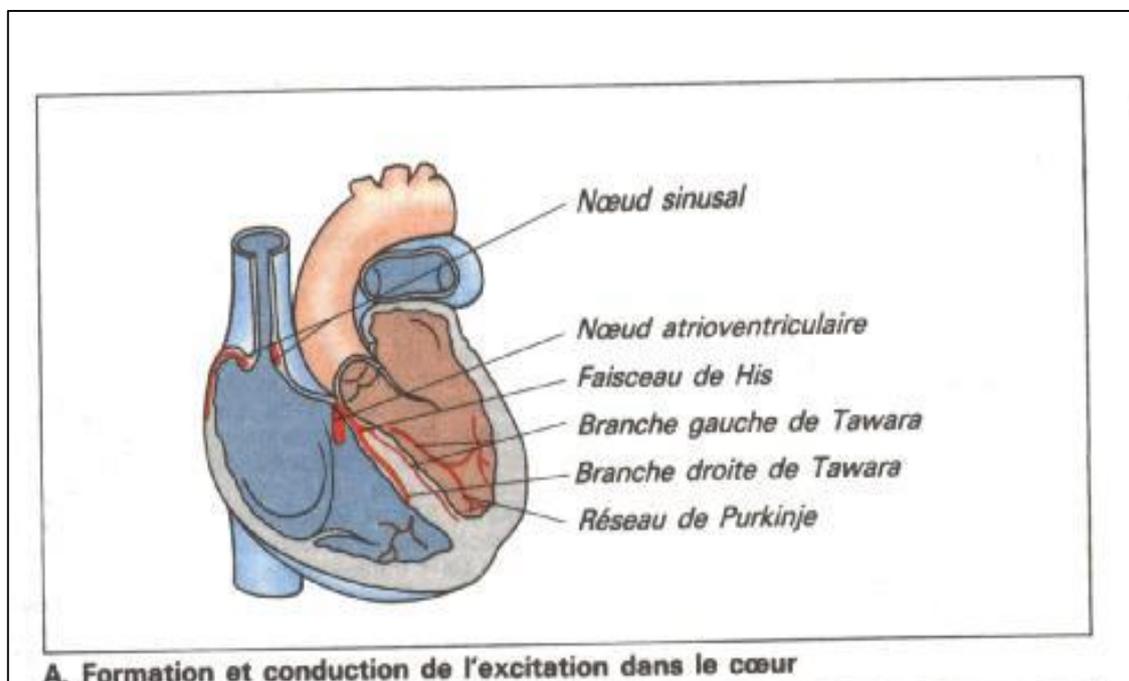


FIGURE N° 16 : LA PHYSIONOMIE DU CŒUR

C'est un gros muscle creux constitué de trois sortes de tissus :

- **L'endocarde** : Il tapisse les cavités du cœur et de l'aorte.
- **Le myocarde** : C'est le tissu musculaire du cœur. Il porte en lui le système responsable de l'automatisme de ses contractions. Il forme aussi la paroi des ventricules et des oreillettes. Il est composé de plusieurs couches cellulaires. On trouve des couches musculaires transversales et obliques.
- **Le péricarde** : C'est l'enveloppe qui protège le cœur. Il est formé de deux feuillets séparés par une cavité. Le premier feuillet, externe, permet l'attachement au diaphragme : péricarde pariétal. Le deuxième feuillet, interne, est appelé péricarde viscéral ou épicarde, c'est un simple épithélium.

VI.4.1. La vascularisation du cœur

La vascularisation coronaire Le muscle cardiaque est lui-même vascularisé par les artères et les veines coronaires. Il existe deux artères coronaires, la droite et la gauche, qui prennent leur origine au niveau de la racine de l'aorte, en dessus des valvules aortiques. Elles cheminent ensuite dans les sillons remplis de graisse jaune ; on les remarque sur le dessin du cœur. Ces artères approvisionnent le muscle cardiaque, particulièrement en oxygène, indispensable à son fonctionnement. Il assure sa propre circulation sanguine.

VI.4.2. La circulation intracardiaque

Le sang arrive des poumons dans l'oreillette gauche par les quatre veines pulmonaires, puis va au ventricule gauche et repart par l'artère aorte pour se distribuer dans le corps. Le sang arrive du corps dans l'oreillette droite par la veine cave inférieure et la veine cave supérieure puis passe dans le ventricule droit et repart par l'artère pulmonaire dans le système ventilatoire des poumons.

VI.4.2.1. Le cycle cardiaque

La pompe cardiaque fonctionne en alternant de façon cyclique deux phases : la systole : période de contraction des oreillettes et des ventricules, la diastole : période de relaxation des oreillettes et des ventricules. Le cycle cardiaque ou révolution cardiaque se déroule de la façon suivante :

- Les oreillettes gauche et droite se contractent simultanément (systoles auriculaires),
- Puis les ventricules se contractent simultanément (systoles ventriculaires),
- Puis les oreillettes et les ventricules se relâchent tous ensemble (diastole générale) et le cycle recommence.

Cette révolution cardiaque se reproduit 70 fois par minute, au repos. Ainsi, la systole auriculaire chasse le sang dans le ventricule, la systole ventriculaire chasse le sang dans les artères (aorte pour le ventricule gauche et artère pulmonaire pour le ventricule droit). Au cours de la diastole générale, les quatre cavités se remplissent (**Figure n° 17**).

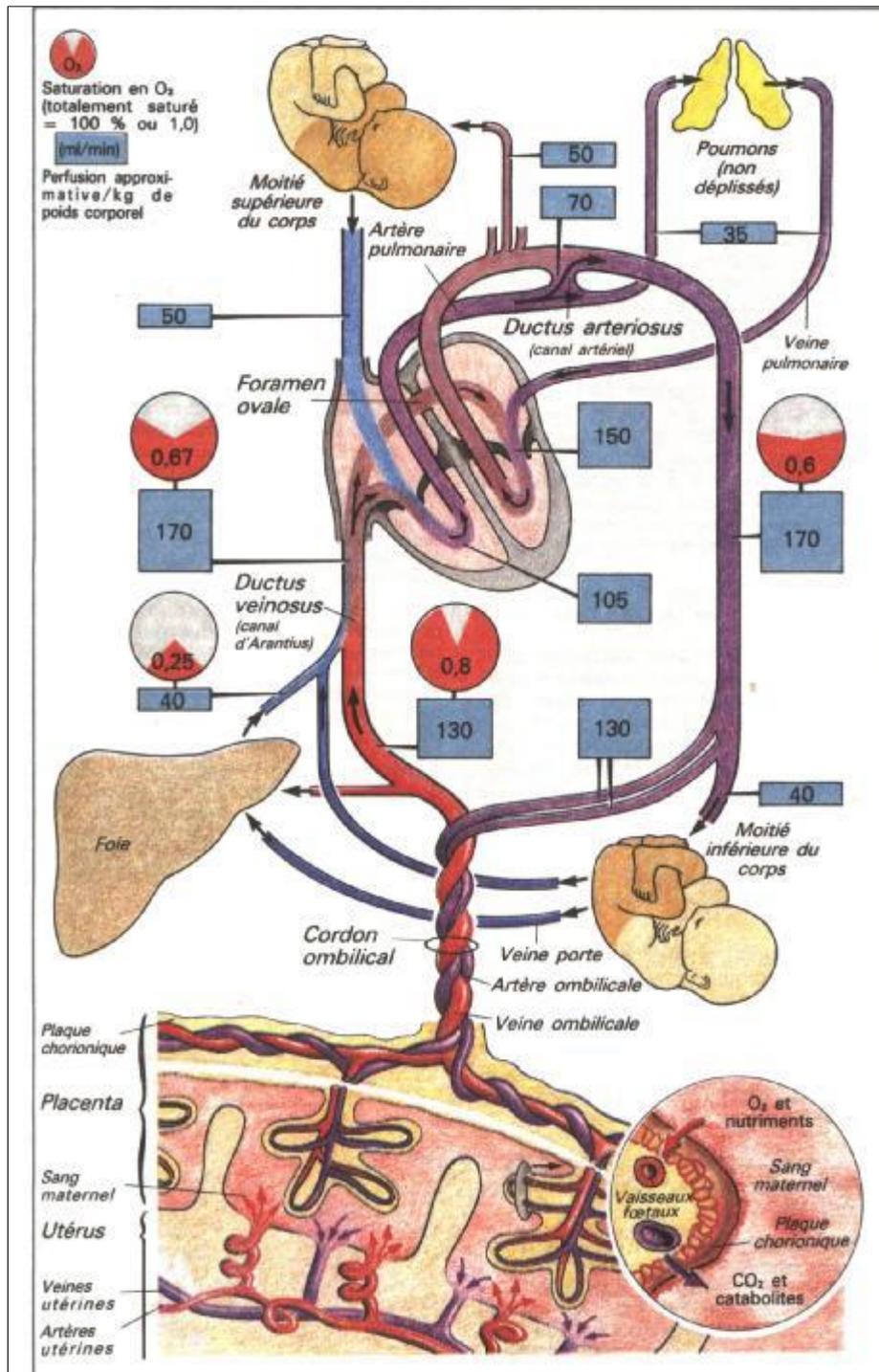


FIGURE N° 17 : LE CYCLE CARDIAQUE

a. L'origine des contractions cardiaques : automatisme cardiaque : certaines fibres cardiaques sont spécialisées dans l'excitation normale du cœur. Ce réseau d'excitation est appelé le système de conduction. Il permet l'excitation et donc la contraction des fibres musculaires ordinaires. Une zone située dans la paroi de l'oreillette droite est le pacemaker physiologique qui entraîne le cœur entier : c'est le nœud sino-auriculaire (nœud de Keith et Flack).

b. La mise en œuvre du fonctionnement cardiaque : le rythme cardiaque (le pouls) : il représente le nombre de révolutions cardiaques par minute. Il est variable, de nombreux facteurs influent le rythme cardiaque :

- La taille de l'animale : il diminue, **exp** : souris : 600 pulsations/min, éléphants : 25 à 30 pulsation/min.
- L'âge de l'animal : diminue avec l'âge.
- Le travail fourni par l'animal : augmentation.
- Besoin métabolique de l'animal : augmentation avec gestation et lactation chez une vache laitière par exemple.
- Alimentation : augmentation.

VI.4.2.2. La circulation

La circulation est un ensemble constitué :

- Des vaisseaux sanguins (Il existe 3 types e vaisseaux sanguins : les artères, les veines et les capillaires), ensemble de tubes dans lesquels circule le sang.
- Du sang.
- du cœur, pompe qui est à l'origine de ce mouvement circulatoire.

Le système cardio-vasculaire est l'ensemble constitué du cœur et des vaisseaux sanguins.

a. La petite circulation ou la circulation pulmonaire

Elle se charge des échanges entre l'air alvéolaire et le sang. Ce dernier est ramené au cœur par 4 veines pulmonaires.

b. La grande circulation

Elle permet l'irrigation des différents organes et des tissus. Le cœur gauche propulse le sang dans l'aorte dans les artères, les artérioles, les veinules puis les veines qui ramènent le sang au cœur droit.

c. La régulation

L'activité du système nerveux intrinsèque et du muscle cardiaque (fréquence et force des contractions) sont régulées pour s'adapter aux besoins de l'organisme par les systèmes régulateurs

- Le nerf vague fait partie du système parasympathique. Il libère de l'acétylcholine, qui diminue la fréquence cardiaque.
- Le système sympathique est un ensemble de nerfs innervant notamment le cœur. Il libère de la noradrénaline, qui augmente la fréquence cardiaque.
- La glande surrénale libère de l'adrénaline, qui accélère le rythme du cœur.

VI.4.2.3. Le fonctionnement du système circulatoire**a. Le système à basse pression et à haute pression**

L'écoulement du sang se fait toujours d'une région de haute pression vers une région de basse pression.

- **Le système à haute pression** : le système à haute pression est composé du cœur gauche, de l'aorte, et des artères systémiques, la pression est 100 mm de Hg. On a donc un écoulement rapide de sang vers les organes. Ce système rassemble 20% de masse sanguine. IL permet de faire face à des variations locales de débit.
- **Le système à basse pression** : le système à basse pression est composé du cœur droit, de la circulation pulmonaire, des veines systémiques et des capillaires. La pression est de 15 mm Hg. Ce système comprend 80% de la masse sanguine. IL sert aux échanges avec les organes.
- **La circulation au niveau des artères** : au niveau des artères, le sang est maintenu sous une certaine pression, il s'agit de la pression artérielle.

C'est la force exercée par la masse sanguine contre la surface interne des parois artérielles. La pression artérielle a deux valeurs : **la maximale** ou **systolique** et **la minimale** ou **diastolique**. La différence entre ces deux pressions s'appelle la **pression différentielle**, les valeurs de la pression artérielle sont exprimées en mm ou cm Hg Hg.

Exemple de pression artérielle en mm Hg : Homme : Pmax : 120, Pmin=70 - **Cheval** : Pmax= 130, Pmin=80 - **Bœuf** : Pmax= 129 Pmin=101 - **Mouton – chèvre** : Pmax =151, Pmin= 114 - **Poule** : Pmax=200, Pmin=140.

Les valeurs de PA sont des constantes de chaque espèce animale et enregistrent des variations individuelles suivant le sexe et l'âge.

b. La régulation de la pression artérielle

Cette pression est ajustée en permanence. Elle dépend de l'efficacité du cœur, du volume sanguin et du calibre des vaisseaux (vasomotricité).

- **Régulation nerveuse** : cette pression artérielle s'autorégule par des systèmes réflexes, A tous moments, les valeurs de cette pression sont connues du système nerveux central. Ces informations lui sont transmises par des récepteurs.
- **Les barorécepteurs artériels** : il en existe au niveau des carotides (sinus carotidien) et au niveau de la crosse de l'aorte. Des nerfs véhiculent ensuite l'information au centre de contrôle cardiovasculaire du cerveau.
- **Le centre cardiovasculaire bulbaire** : il est situé au-dessus de la moelle épinière, dans le premier étage du cerveau. Une sollicitation des barorécepteurs par augmentation de la pression artérielle les fait décharger et stimuler le centre cardiovasculaire bulbaire à son pôle cardiomodérateur ; il en résulte une activation du système parasympathique (cardiomodérateur) et une inhibition du système sympathique (cardioaccélérateur).

c. La régulation de la circulation

La régulation de la circulation a pour objet de procurer à toutes les parties du corps assez de sang que l'individu soit au repos ou au travail et quel que soit les conditions ambiantes. Pour cela, il faut :

- Assurer une perfusion minimale à chaque organe.
- Garantir la régulation de la fonction cardiaque et de la pression artérielle.
- Assurer la répartition du débit sanguin au profit des organes en activité (muscle au travail au dépend des organes au repos (tube digestif)). Le contrôle de la perfusion des organes se fait par une modification du diamètre des vaisseaux (vasoconstriction favorisée par le système sympathique et vasodilatation favorisée par le nerf vague)

CHAPITRE V : L'EXCRETION RENALE

V.1. Introduction

Les reins font partie du système excréteur (**Figure n° 18**). Leur rôle est le **maintien de l'homéostasie** par régulation du volume et de la composition du milieu intérieur : contrôle de l'équilibre hydrominéral et acido-basique.

Les reins assurent l'épuration du sang en éliminant les déchets métaboliques qui seront excrétés par le système urinaire. Ils produisent la rénine et l'érythropoïétine, ils stimulent aussi la formation des hématies.

- Le système urinaire contribue à l'homéostasie en :
- Stabilisant la composition, le pH et le volume du sang.
- Agissant sur la PA.
- Maintenant l'osmolarité sanguine.
- Éliminant les déchets et les substances étrangères.
- Produisant des hormones.

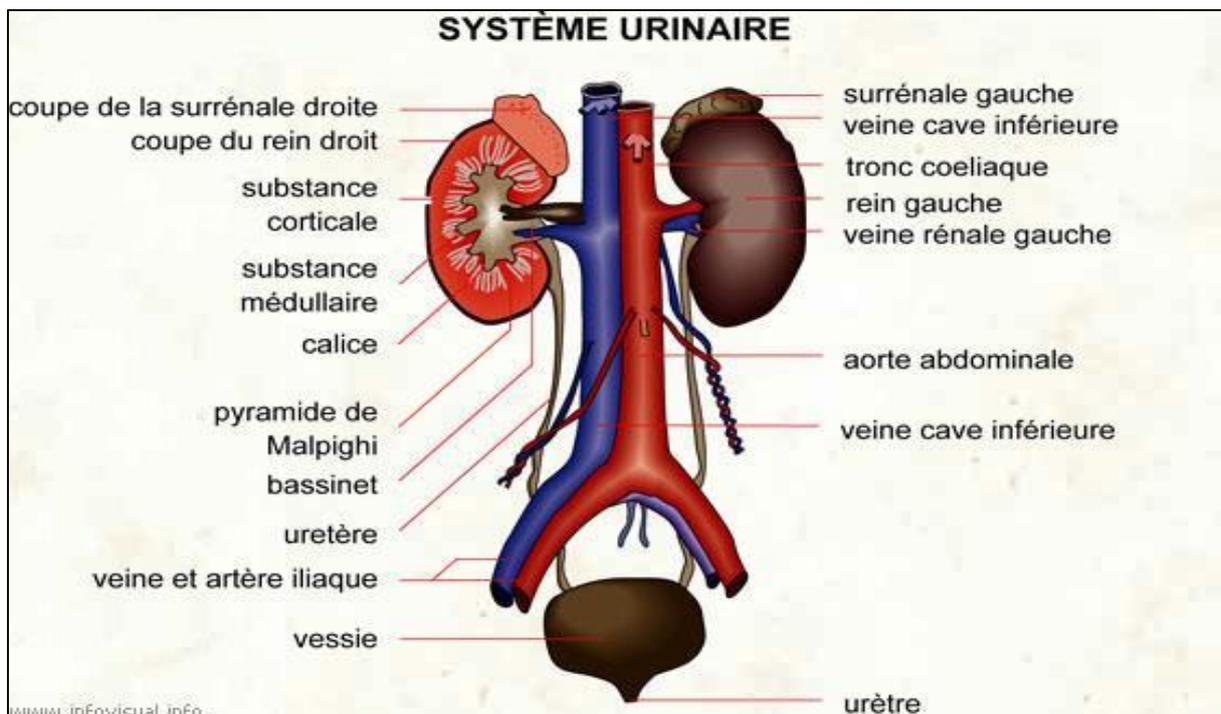


FIGURE N° 18 : LE SYSTÈME URINAIRE (EXCRETEUR)

Les fonctions des reins :

- Règlent le **volume, la composition et le pH du sang**.
- Régulent la **PA**.
- Synthétisent du **G**.
- Libèrent l'**EPO érythropoïétine**.
- Participent à synthèse de **vit D**.
- Évacuent déchets dans les **urines**.

V.2. Les différentes parties du système excréteur

Le système excréteur se compose de plusieurs parties à savoir (**Figures n° 19 et 20**).

V.2-1. Les reins

Le rein est vascularisé par l'**artère rénale = artère nourricière**. Il a un rôle dans la **régulation** de la **composition du sang**. La **filtration rénale** dépend de la **pression sanguine**.

Le rein a une fonction d'**équilibre** du **milieu intérieur** et de la **composition du sang**, et cela de façon permanente malgré les influences internes et externes (effort, repos, T°, composition des aliments et boissons).

Au nombre de **deux**, situé dans la **région lombaire**. -Constitué de **1-2 millions de néphrons**. Le rein par l'intermédiaire **des néphrons** élimine les déchets de la nutrition (**urée**), les **produits toxiques, les médicaments**. Les reins filtrent **180 litres de sang/jour = 120 ml/mn**.

Le rein sélectionne certains constituants du sang : **les protides et les glucides** ne sont jamais éliminés dans l'urine sauf en cas de lésions :

- Protéines (**albuminurie**).
- Sucre (**glycosurie**).
- Sang (**hématurie**).

V.2.2. Les néphrons

Chaque **néphron** élabore l'**urine**. La destruction des néphrons entraîne **une insuffisance rénale**. Les néphrons ont **une fonction antitoxine**.

Le fonctionnement du néphron dépend de trois facteurs :

- **La pression artérielle**.
- **Les influences hormonales l'alimentation**.
- **Les boissons**.

V.2.3. les calices

Les calices sont le début **des voies excrétrices**.

- **Les petits calices** se situent au sommet de chaque **pyramide de Malpighi** au niveau desquels s'ouvrent **les pores urinaires**.
- Ces petits calices s'unissent pour former **les grands calices**. Ce sont **des tubes creux** recueillant les urines émises par les pyramides.

V.2.4. Les bassinets

Les bassinets sont au nombre de **deux (1/rein)**.

- Ils sont formés par la réunion **des grands calices**.
- Ils sont **contractiles**.
- Ils participent à **la progression** des urines dans **l'uretère**.

V.2.5. La vessie

La vessie a un rôle de **réservoir d'un volume de 300 ml**.

- **Le besoin d'uriner** est **ressenti** à partir de **200 ml**.
- **La capacité** de la vessie peut atteindre **2-3 litres**.
- **La vidange** de la vessie est **commandée** essentiellement par **le sphincter** de l'urètre.

V.2.6. Les urètres

Les **uretères** sont au nombre de **deux**. Lorsque la vessie est pleine, l'augmentation de pression, **comprime** et ferme les uretères. **Des calculs** peuvent les **obstruer**.

- Ils partent de la vessie et se termine par **le méat**.
- Ils sont plus courts chez **la femme (3 cm)** que chez **l'homme (16 cm)** d'où risque **d'infection** plus faible.
- A leur sortie ils sont entourés par un muscle (**sphincter strié**).
- L'urètre passe par **la prostate** chez l'homme.
- La contraction du sphincter permet **la continence volontaire**, si **paralysie** de ce muscle = **incontinence**

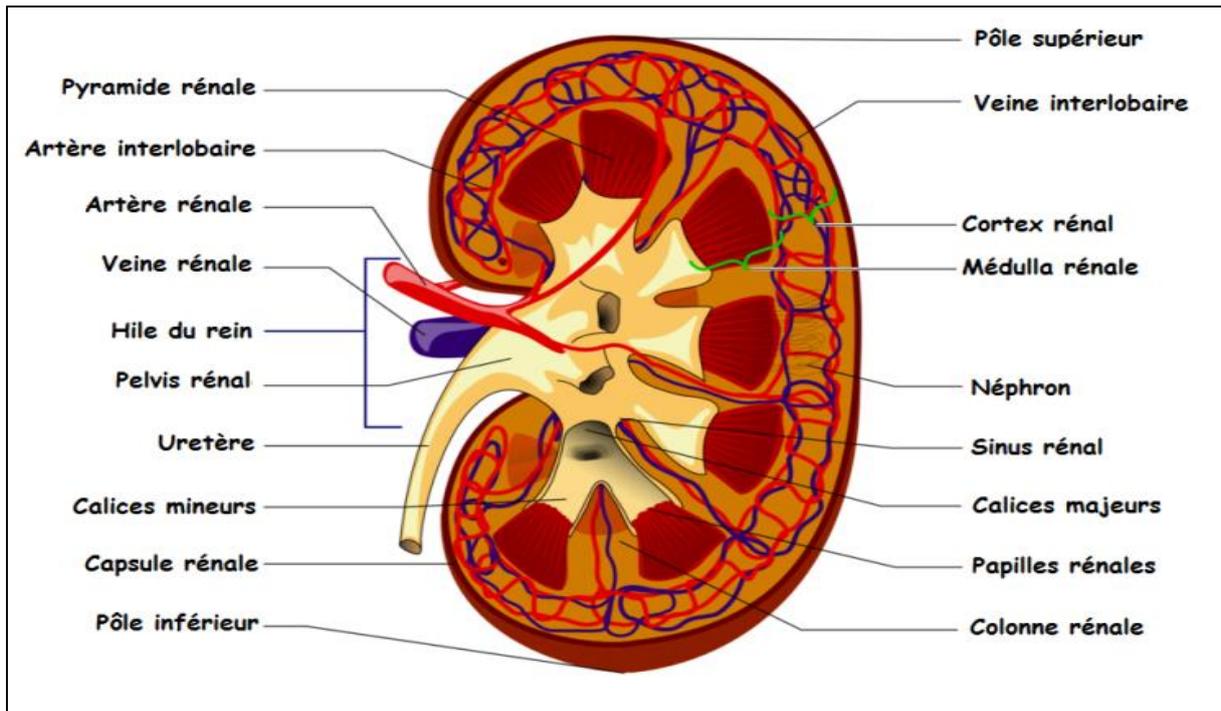


FIGURE N° 19 : LA PHYSIOLOGIE DES REINS

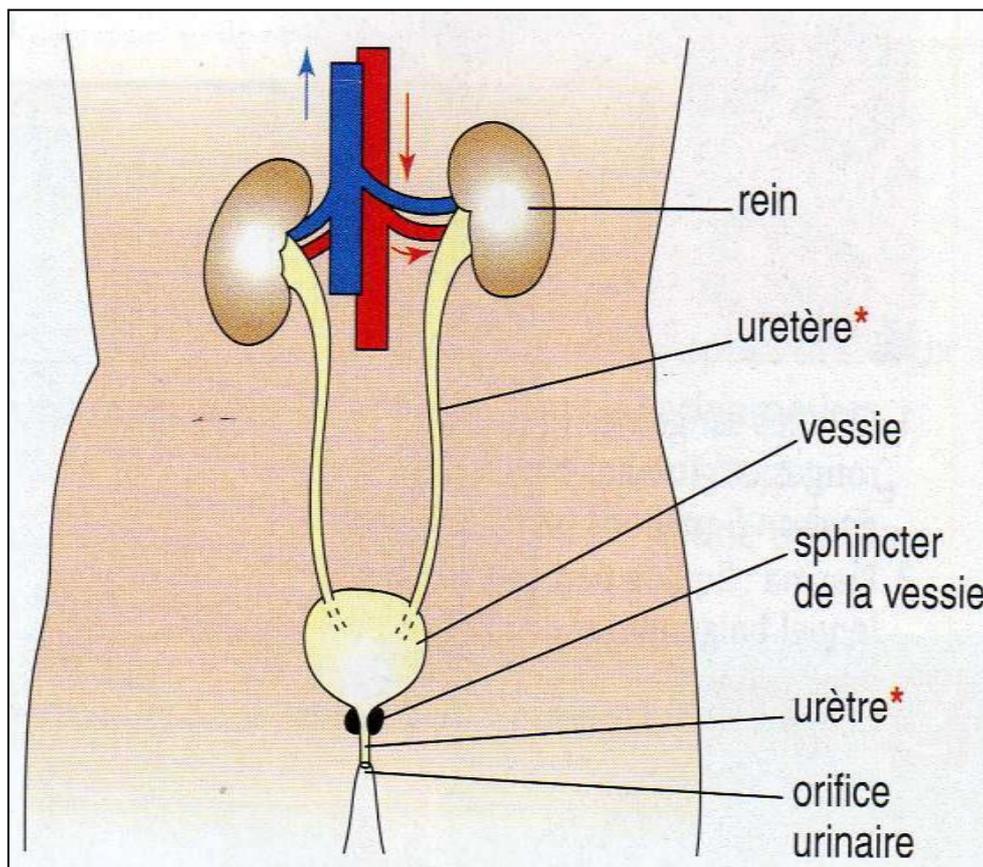


FIGURE N° 20 : LES DIFFERENTES PARTIES DU SYSTEME EXCRETEUR

V.3. Physiologie urinaire

L'urine est composée de **95% d'eau**. Pour 1 litre d'urine, on retrouve :

- **950 g d'eau.**
- **30 g de matières organiques (urée, acide urique).**
- **20 g de sels minéraux (potassium, sodium, calcium, chlorure).**

Pour permettre la vie des **cellules rénales** il faut maintenir un **équilibre hydrique, électrolytiques (chlore, sodium, potassium), acido-basiques (maintien d'un pH normal à 7.41)**

L'**élimination** met en jeu des capacités :

- **Sensorielles.**
- **Neurologiques.**
- **Motrices.**

Les urines sont **limpides, transparentes, légèrement acides (pH ≤ 7)**, de couleur **jaune pâle** (peuvent se colorer en fonction des aliments et certains médicaments). Leur **émission** est facile et complète : **4-6 mictions/j** pour une **diurèse** (volume d'urine émis en 24 h) de **1500 ml**.

L'éducation et l'apprentissage à la propreté ont une dimension sociale et psychologique importante.

Le fonctionnement du rein est basé sur des différences de pressions entre **les capillaires et les tubules**.

Le fonctionnement du rein fait appel à 3 processus :

V.3.1. La filtration glomérulaire

1000 à 1200 ml de sang passent/mn dans **les glomérules** = **filtration de 650 ml de plasma** et la formation de **120 à 125 ml d'urines « brute »/mn** ou **urines primitive**, soit **180 litres/jour**.

La pression de filtration est en fonction de la **pression exercée sur les parois de la capsule** par la pression artérielle :

- Lorsque **la pression artérielle est élevée, le débit de filtration augmente (la diurèse est plus importante)** et inversement lorsque **la pression artérielle diminue, le débit de filtration diminue (la diurèse diminue)** (**oligurie = 800 ml** ou **anurie = absence de sécrétion d'urines par le rein**).

V.3.2. La réabsorption tubulaire

Environ **85%** de l'**urine primitive** est **réabsorbé**. L'eau est réabsorbée, avec certains **sels minéraux**, au niveau d'un **système de tubules (tubules contourné proximal, tubule contourné distal et anse du néphron)**. L'**urine définitive** est **collectée** au niveau du **tubule collecteur**.

Le **glucose** est **réabsorbé**, donc repasse dans le sang. Ce glucose n'est réabsorbé tant que la **glycémie** ne dépasse pas **1,8 g/l**. Au-dessus de ce taux, le rein est **saturé**, on retrouve alors du glucose dans les urines, sans que le rein ne soit **malade**.

V.3.3. L'excrétion tubulaire

Cette **excrétion tubulaire** concerne certaines **substances étrangères** à l'organisme (médicaments, antibiotiques, etc...) mais aussi sur l'ensemble des **électrolytes** en jouant un rôle sur l'équilibre.

L'urine définitive est un liquide **jaune ambré, d'odeur aromatique**, de **réaction** en général **acide (pH varie de 4,5 à 8)**. -La **quantité émise/24 H (la diurèse)** est environ de **1500 ml**. L'urine est normalement **stérile**.

V.4. Le changement des urines en fonction de l'âge**V.4.1. Le nouveau-né et le nourrisson**

Les mictions fréquentes :

- **30 à 60 ml/jour** chez le **nouveau-né**.
- **100 à 500 ml** chez le **nourrisson** (Il pleure lorsqu'il est souillé, manifeste son inconfort).

V.4.2. L'enfant

- **500 à 1400 ml**.
- **Découverte** du contrôle de l'élimination.
- **Acquisition** de la propreté et de l'**autonomie** face à ce besoin.
- **Nécessité** de rappeler à l'ordre pour uriner régulièrement.
- **Enurésie**.

V.4.3. L'adolescent

- **Elimination intestinale perturbée** par l'alimentation (**quantités ingérées, sautes de repas, gourmandise, régime pour maigrir**).
- **Le stress et les émotions**.

- Chez la fille, l'apparition de **la menstruation**.

V.4.4. Le jeune adulte

- Il gère bien ses rythmes d'élimination par des conduites **diététiques** et l'activité et en fonction des contraintes professionnelle et sociales.
- Chez **la femme enceinte**, **pollakiurie** en début et fin de grossesse.

V.4.5. L'adulte retraité

- **Diminution de la capacité vésicale**, et du **tonus musculaire abdominal**.
- Chez la femme, **modification des menstruations**, **ménopause**.

V.4.6. Les personnes âgées

- **Diminution du tonus sphinctérien**, et de **la sensation de l'envie d'uriner**.
- **Ralentissement des réflexes et des déplacements pour aller aux sanitaires**.
- **Incontinence accidentelle**, a peur de **se souiller**.

CHAPITRE VI : LA DIGESTION

VI.1. Introduction

Les cellules de l'organisme ont besoin de nutriments : glucides, lipides, protéines, vitamines, sels minéraux et eau ; ces nutriments existent dans nos aliments, mais sous une forme complexe, incapables de traverser les membranes cellulaires.

La digestion a donc pour rôle de simplifier le bol alimentaire, l'amenant progressivement vers des formes physiques et chimiques, compatibles avec leur absorption digestive et leur transfert dans le système de distribution cellulaire : le sang et la lymphe.

Ce rôle est assuré par le tube digestif dont le fonctionnement peut se résumer par :

- Une activité mécanique : aspiration, mastication, déglutition, brassage, remplissage et vidange.
- Une activité chimique et biochimique, surtout enzymatique, faisant intervenir des sucs élaborés par des cellules ou des glandes. La température, l'osmolarité, le pH du bol alimentaire, la dimension des particules, leur liposolubilité et leur hydrosolubilité seront amenés progressivement par le travail des différents segments du système digestif à des caractéristiques favorables au passage trans-membranaire.
- **Digestion** : processus au cours duquel un organisme vivant reçoit du milieu extérieur des aliments, les modifie afin de les transformer en Nutriments et sélectionne les éléments assimilables ou non.
- **Absorption** : passage des substances nutritives de l'intestin vers le sang.
- **Aliment** : élément d'origine animal, végétal ou minéral consommé par les êtres vivants à des fins énergétiques.
- **Nutriment** : composé organique ou minéral assimilable par un organisme vivant pour son développement et son entretien.

VI. 2. Les grands types de comportements alimentaires

La physiologie digestive présente de **grandes variabilités interspécifiques**. Les modalités alimentaires vont dépendre :

- De la complexité de l'organisme.
- De la capacité des cellules à utiliser pour leur besoin du carbone d'origine minérale ou organique.

La digestion se classe selon les critères suivants :

- Classification en fonction de la nature des sources d'énergie et de carbone. (Phototrophe, chimiotrophe)
- Classification en fonction de la nature de l'aliment. (Omnivore, carnivore).
- Classification en fonction du mode d'ingestion (Filtration, aspiration, prédation).
- Classification en fonction du mode de digestion :
 - a) **L'osmotrophie : les osmotrophes** sont des animaux qui absorbent par diffusion directement du milieu les nutriments dissouts, par les surfaces cellulaires ou tégumentaires.
 - b) **La phagotrophie : les phagotrophes** prélèvent la matière organique sous forme particulière.
- Classification basée sur la taille des particules absorbées et sur leur origine :
 - a) **La microphagie** : consiste à prélever des particules très petites comparées à la taille de l'animal ; exp : la baleine.
 - b) **La macrophagie** : ingestion d'aliments solides qui sont de grande taille ou qui sont des parties de proies de grande taille.

VI.3. L'appareil digestif

L'appareil digestif chez les animaux supérieurs débute par la bouche et se termine par l'anus (**Figure n° 21**).

VI.3.1. La bouche

Dans la bouche les aliments solides vont être l'objet d'actions mécaniques (mastication) et chimique (salivation).

VI.3.1.1. Les dents

Chez les vertébrés aquatiques, les dents sont identiques, nombreuses. Elles sont remplacées de façon continue et elles ont une durée de vie courte. Tandis que chez les mammifères les dents se spécialisent en fonction du régime alimentaire.

VI.3.1.2. La langue

La langue déplace la nourriture dans la bouche pendant la mastication ; participe à la déglutition ; produit les sons articulés ; et aussi la localisation des bourgeons du goût.

a. La Salivation

Trois paires de glandes exocrines sécrètent la salive (chez l'Homme, environ 1 litre /24 H) ; ce sont les glandes parotides, sous maxillaires et sublinguales.

b. Les sécrétions salivaires

La salive est composée majoritairement d'eau (95 %), elle est aussi composée de divers électrolytes dont la concentration varie en fonction de l'hydratation de l'individu, de protéines (secrétées par les cellules séreuses) et de mucus (par les cellules à mucus) :

- **Amylase salivaire** : agit à pH neutre, inhibée par l'acidité gastrique, coupe les liaisons α -1-4 glucidiques de l'amidon.
- **Lipase linguale** : digestion des lipides (action probable sur certaines parois bactériennes).
- **Lysosyme** : protéine glycolytique : coupe les chaînes des polysaccharides bactériens.
- **Mucines** : glycoprotéines, mucopolysaccharides. Gel visqueux et lubrifiant « viscosité de la salive ».
- **Immunoglobulines** : IgA sécrétoires.

Les rôles de la salive sont multiples :

Commencer l'hydrolyse de certains glucides.

- Humidifier la bouche.
- Solubiliser les substances chimiques qui peuvent ainsi stimuler les papilles gustatives.
- Enrober le bol alimentaire de mucus pour permettre sa déglutition.

c. Le contrôle de la sécrétion salivaire

Lorsqu'il n'y a aucun stimulus, la sécrétion salivaire est faible. Le débit et la composition va donc dépendre de stimuli qui vont être uniquement d'origine nerveuse même s'il existe un contrôle hormonal accessoire.

Le système nerveux contrôlant la composition et le débit salivaire est le système nerveux végétatif ou autonome, on a des influences du système parasympathique (majoritaire) et sympathique.

VI.3.2. Le pharynx

Il s'agit d'un conduit en forme d'entonnoir qui relie les cavités orale et nasale à l'œsophage et à la trachée. Il a une fonction de **déglutition**.

VI.3.3. L'œsophage

C'est un tube musculaire situé dans le thorax derrière la trachée, qui relie le pharynx à l'estomac. Il assure le transport du bol alimentaire par péristaltisme jusqu'à l'estomac.

VI.3.4. L'estomac

L'estomac reçoit le bol alimentaire provenant de l'œsophage :

- Stockage.
- Digestion acide.
- Début de Digestion peptique.
- La transformation du pepsinogène en pepsine (nécessite un environnement acide).
- Formation du CHYME.
- Production endocrine.

L'Absorption des aliments est limitée par :

VI.3.4.1. La Digestion mécanique

L'estomac est une cavité plissée, au niveau de l'estomac les **plexus nerveux** sont les plus nombreux. En effet ; il existe une activité électrique de base, sous forme d'ondes, qui provoque des contractions musculaires lentes qui vont du cardia au pylore : **Complexe moteur migrant : ondes de contraction lentes** toutes les 90 minutes (Y compris si l'estomac est vide, rôle de nettoyage de l'estomac). Ces **ondes de contraction** assurent la propagation et le malaxage des aliments.

Pendant la digestion il y a des ondes de contraction rapprochées 3/minute. La stimulation du **nerf vague** renforce l'**activité gastrique** et le **système orthosympathique** la diminue. Ces actions sont complétées par l'intervention de diverses hormones : **la gastrine les augmentent ; la sécrétine les diminuent.**

VI.3.4.2. Les sécrétions gastriques

Le suc gastrique est sécrété de façon permanente (environ 2 litres/24 h) ; il augmente au cours des repas. Il sécrété par différentes cellules :

a. Des cellules principales qui produisent

- le **pepsinogène**, précurseur inactif d'une enzyme protéolytique : **la pepsine**.
- **La Lipase gastrique** qui n'agit que sur des acides gras à chaîne courte.

b. Cellules pariétales qui secrètent

- Des ions Cl⁻ et H⁺ se combinent dans la lumière de l'estomac pour donner de l'acide chlorhydrique. Sa production et sa libération par la cellule sont des mécanismes actifs consommateurs d'énergie (ATP). L'acidité du HCl est responsable de la **conversion du pepsinogène en pepsine**.
- Le facteur intrinsèque : glycoprotéine captant la vitamine B12 dans la lumière gastrique et permettant son absorption dans l'iléon.

c. Cellules à mucus**d. Cellules G**

Ces cellules secrètent la **gastrine endocrine** dont le rôle est :

- Stimulation de la sécrétion d'HCl par les cellules pariétales.
- Stimule aussi la sécrétion de pepsine et celle des enzymes pancréatiques.
- Favorise le développement et la régénération de la muqueuse gastrique.
- Renforce la motricité du sphincter œsophagien inférieur et celle de l'antrum.

e. cellules entérochromaffine-like (ECL)**f. Les cellules D**

Elles sont étroitement associées aux cellules pariétales, secrètent la somatostatine paracrine.

VI.3.5. L'intestin grêle

L'intestin grêle c'est un organe qui reçoit le **chyme** provenant de l'estomac, la bile produite par le foie, les sucs gastriques et le suc pancréatique :

- Il assure la dégradation chimique et mécanique du chyme.
- Il siège de la majeure partie de la digestion enzymatique.
- Il absorbe les nutriments.
- Il transporte les déchets jusqu'au gros intestin.

Il Joue aussi un rôle majeur dans **l'absorption des aliments grâce à plusieurs** dispositifs d'amplification de surface :

VI.3.5.1. Surface macroscopiques

- a. Les anses (plis) intestinales.
- b. Les valvules conniventes « replis de la sous-muqueuse dans la lumière intestinale ».

VI.3.5.2. Surface microscopiques

- a. Les villosités intestinales « replis de la muqueuse MO ».
- b. **Les microvillosités des entérocytes** « ME ». Chaque **villosité** contient un réseau de capillaires et un vaisseau lymphatique (**chylifère**).

VI.3.5.3. La Digestion mécanique

Au cours des repas, de deux types de contractions se déroulent :

- **Segmentation** (fractionnement et refoulement du chyme dans les 2 sens) brassage des aliments avec les sucs digestifs.
- **Péristaltisme** « progression des aliments dans le tube digestif ».

A jeun ; différentes activités s'effectuent :

- **Complexe moteur migrant (CMM)** : activité de contraction. initiation au niveau du pacemaker gastrique, ensuite propagation jusqu'à la valvule iléo-caecale en 90-120 min. La régulation de cette motricité se fait par voie réflexe. Les stimuli sont chimiques et mécaniques ; deux hormones renforcent la motricité du grêle : la **gastrine** et la **cholécystokinine CCK**.

VI.3.5.4. La digestion chimique

Le suc pancréatique est élaboré par le pancréas exocrine au taux moyen de **1 à 2 litres /24 h**.

C'est un liquide incolore muqueux, avec un **pH de 8,5** qui contient :

- Des électrolytes : Na⁺ ; K⁺ ; Cl⁻ et CO₃H⁻ *ion bicarbonate*, sécrétés par les cellules canaliculaires.
- Des protéines enzymatiques dont une amylase ou α -1-4 glucosidase.
- Une lipase qui libère des acides gras et des monoglycérides à partir des triglycérides émulsionnés.
- Des phospholipases.
- Des proenzymes :
- **Le trypsinogène** pro-enzymes (inactive) activé en trypsine dans le duodénum par *entéropeptidase* (ancienne appellation entérokinase).
- **Le chymotrypsinogène** donnera la chymotrypsine.
- **La procarboxypeptidase**.

Le contrôle de la sécrétion pancréatique s'effectue grâce **au nerf vague** et par deux hormones (provenant de la **muqueuse duodénale**) : la **sécrétine** et la **cholecystokinine (CCK)**.

- Phase céphalique : à travers le nerf vague ; stimulation sécrétion enzymatique.
- Phase gastrique : stimulation sécrétion enzymatique.
- Phase intestinale :
 - **pH bas** : sécrétion de **Sécrétine** : stimulation **sécrétion aqueuse alcaline**.
 - L'arrivée **d'acides gras** et **d'acides aminés** dans le duodénum : sécrétion de **CCK** ; **stimulation sécrétion enzymatique**.

VI.3.6. Le gros intestin (colon)

Le rôle principal du gros intestin est la réabsorption d'eau, en effet les déchets alimentaires vont subir l'action des bactéries (flore intestinale) et sont fermentés avant d'être évacués à l'extérieur.

Le gros intestin présente 3 parties : **Le cæcum** qui se prolonge par l'appendice, **le colon** qui comporte différents segments (colon ascendant, colon transverse et descendant), **le rectum** qui se termine par **l'anus** (muni d'un sphincter anal).

Il est caractérisé par :

- **Une motilité, un péristaltisme.**
- Une contraction de segmentation par formation de haustrations.
- **Un mouvement de masse** : péristaltisme avec avancée importante du contenu du gros intestin.

VI.3.7. Les organes annexes

Les organes annexes sont présentés par :

VI.3.7.1. Le foie

Le foie reçoit le sang oxygéné de l'artère hépatique, et le sang chargé de nutriments provenant du tractus intestinal de la veine porte hépatique. Il a des fonctions principales dans :

- La synthèse, le stockage et la dégradation du glycogène.
- La synthèse des protéines du sang.
- La phagocytose des GR et des cellules blanches qui ne sont plus fonctionnels et des bactéries.
- L'élimination des composés toxiques.

- La production de la bile, qui émulsifie les graisses dans le duodénum.

VI.3.7.2. La vésicule biliaire

Le rôle principal de la vésicule biliaire est le stockage de **la bile** (lorsque l'intestin grêle est vide).

La bile, produite dans le foie, s'écoule dans le duodénum par l'ampoule hépato-pancréatique (formée par les canaux cholédoque et pancréatique). Elle est sécrétée de façon continue par les **cellules hépatiques** ($\approx 0,7$ l/j) ; elle facilite la digestion des **lipides implique une émulsion des graisses par les sels biliaires**. **La contraction de la vésicule biliaire est déclenchée**, par voie réflexe et par voie hormonale, par la *CCK*.

VI.3.7.3. Le pancréas

Le rôle principal du pancréas réside dans sécrétions de l'insuline pour la régulation du taux de sucre dans le sang.

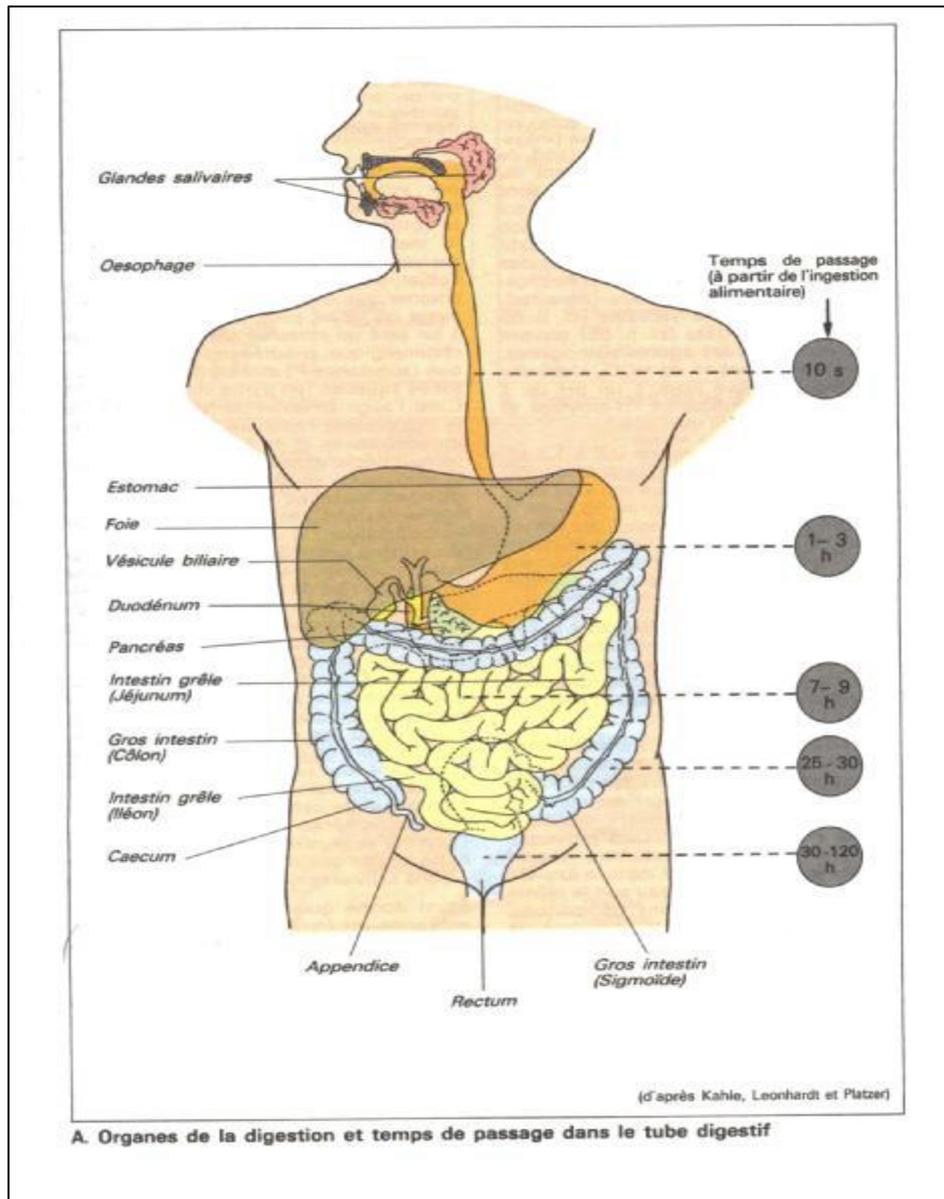


FIGURE N° 21 : LE TUBE DIGESTIF

VI.4. Les fonctions de l'appareil digestif des vertébrés

Le tube digestif assure 5 grandes fonctions ; il s'agit de :

VI.4.1. Fonctions mécaniques : motricité digestive et transit des aliments.

VI.4.2. Fonctions de sécrétions : eau, enzymes, autres éléments nécessaires à la digestion.

VI.4.3. Fonction de digestion : réduction des aliments en nutriments.

VI.4.4. Fonction d'absorption des nutriments par les cellules du tube digestif.

VI.5. Les principaux hormones et enzymes de la digestion

Le tableau suivant résume les principaux hormones et enzymes de la digestion

TABLEAU 47.1 Hormones et enzymes de la digestion					
<i>H O R M O N E S</i>					
Hormone	Classe	Origine	Stimulus	Action	Note
Gastrine	Polypeptide	Portion pylorique de l'estomac	Entrée de la nourriture dans l'estomac	Stimule la sécrétion d'HCl et de pepsinogène par l'estomac	Agit sur l'organe qui la sécrète
Cholécystokinine (CCK)	Polypeptide	Duodénum	Chyme gras dans le duodénum	Stimule la contraction de la vésicule biliaire et la sécrétion des enzymes digestives par le pancréas	Structure semblable à celle de la gastrine
Peptide inhibiteur gastrique (GIP)	Polypeptide	Duodénum	Chyme gras dans le duodénum	Inhibe la vidange de l'estomac	Stimule aussi la sécrétion d'insuline
Sécrétine	Polypeptide	Duodénum	Chyme acide dans le duodénum	Stimule la sécrétion de bicarbonate par le pancréas	Première hormone à être découverte (1902)
<i>E N Z Y M E S</i>					
Localisation	Enzymes		Substrat	Produits de la digestion	
Glandes salivaires	Amylase		Amidon, glycogène	Disaccharides	
Estomac	Pepsine		Protéines	Peptides courts	
Pancréas	Lipase		Triglycérides	Acides gras, monoglycérides	
	Trypsine, chymotrypsine		Protéines	Peptides courts	
	DNase		ADN	Nucléotides	
	RNase		ARN	Nucléotides	
Intestin grêle (bordure en brosse)	Peptidases		Peptides courts	Acides aminés	
	Nucléases		ADN, ARN	Sucres, bases d'acides nucléiques	
	Lactase, maltase, sucrase		Disaccharides	Monosaccharides	

CHAPITRE VII : LA THERMOREGULATION

VII.1. Introduction

L'homme est un homéotherme (température régulée) ; sa température reste constante même si la température ambiante varie. Cette définition n'est valable que pour les parties profondes du corps (température du noyau $\approx 37\text{ °C}$).

Les membres et la peau sont pratiquement poïkilothermes à température variable, (**Figure n° 22 A1**). Le maintien de la température constante du noyau n'est possible que lorsqu'il existe un équilibre entre les quantités de chaleur produite et reçue et la quantité de chaleur perdue : c'est la thermorégulation.

La production de chaleur dépend des échanges d'énergie. Au repos, la thermogenèse est due pour plus de la moitié aux organes internes, et pour presque un cinquième à la musculature et à la peau (**Figure n° 22 A2**).

L'activité physique augmente la production de chaleur dans une proportion telle que la part de la musculature augmente, tant en valeur absolue qu'en valeur relative, atteignant 90 % de la production de chaleur totale (**Figure n° 22 A2**).

Le maintien de la chaleur corporelle peut nécessiter une production de chaleur supplémentaire par mouvements du corps, par frisson thermique (**chez le nouveau-né**) et par **thermogenèse sans frisson**.

Ce type de « **défense contre le froid** » ne peut se produire que si **la production d'hormone thyroïdienne est suffisante**.

La chaleur reçue (**par rayonnement, conduction, etc.**) devient importante quand la température ambiante dépasse la température cutanée. La chaleur produite à l'intérieur du corps est prise en charge par le courant sanguin et transportée à la surface du corps.

Ce flux thermique interne n'est possible que pour une température de peau inférieure à celle du noyau. Le transport de chaleur vers la peau dépend surtout de l'irritation sanguine de la peau). Plusieurs mécanismes interviennent dans la déperdition de chaleur (**flux thermique externe**).

VII.2. Radiation thermique

La quantité de chaleur perdue par **radiation** est fonction, entre autres, de la puissance de la température de l'émetteur. Ceci est valable, d'une part pour la surface cutanée, d'autre part pour tous les êtres et objets de l'environnement (**Figure n° 22 B1**).

Si un objet de l'environnement est plus chaud que la peau, le corps en recevra de la chaleur par radiation ; s'il est plus froid (ou s'il n'y a pas d'émetteur : **ciel nocturne**), la peau peut perdre de la chaleur radiante dans cette direction.

La radiation n'a pas besoin de support matériel pour le transport de la chaleur ; elle est peu influencée par la température de l'air qui est un mauvais émetteur. Ainsi, malgré la présence d'air chaud dans une pièce, la chaleur peut être transmise à une paroi froide ; inversement, on peut recevoir la chaleur radiante émise par le soleil (malgré **le vide sidéral**), ou par une lampe infrarouge (malgré l'air froid).

VII.3. Conduction de chaleur de la peau à l'air ambiant

L'air doit être plus froid que la peau, c'est-à-dire qu'un **gradient thermique** est nécessaire. Ce type de **déperdition de chaleur** est fortement accéléré par le déplacement de la couche d'air réchauffée par la peau (par le vent par exemple) (**Figure n° 22 B2, C**).

VII.4. Température ambiante élevée et activité physique intense

Les mécanismes de radiation et de conduction ne sont plus assez efficaces : dans ces conditions, la chaleur doit être perdue par évaporation d'eau. Aux températures ambiantes supérieures à 36 °C (**Figures n° 22 B3, C**), seule l'évaporation peut assurer la déperdition de chaleur. Aux températures ambiantes encore plus élevées, l'organisme reçoit de la chaleur par radiation et conduction (+ **convection**).

Pour compenser cet apport, il faut augmenter en conséquence la déperdition par **évaporation**. Pour que la chaleur produite puisse être éliminée par évaporation, il faut que l'air ambiant soit relativement sec (déserts, sauna). A l'inverse, si l'atmosphère est trop chargée d'humidité (par exemple dans la forêt tropicale), les températures ambiantes supérieures à 33 °C sont très difficilement supportées, même au repos.

L'eau nécessaire à l'évaporation est amenée à la surface de la peau par **un phénomène de diffusion (respiration insensible)** et par **les glandes sudoripares**, chaque litre d'eau évaporé entraîne une déperdition de chaleur de 2 428 kJ (580 kcal) (**Figure n° 22 B3**).

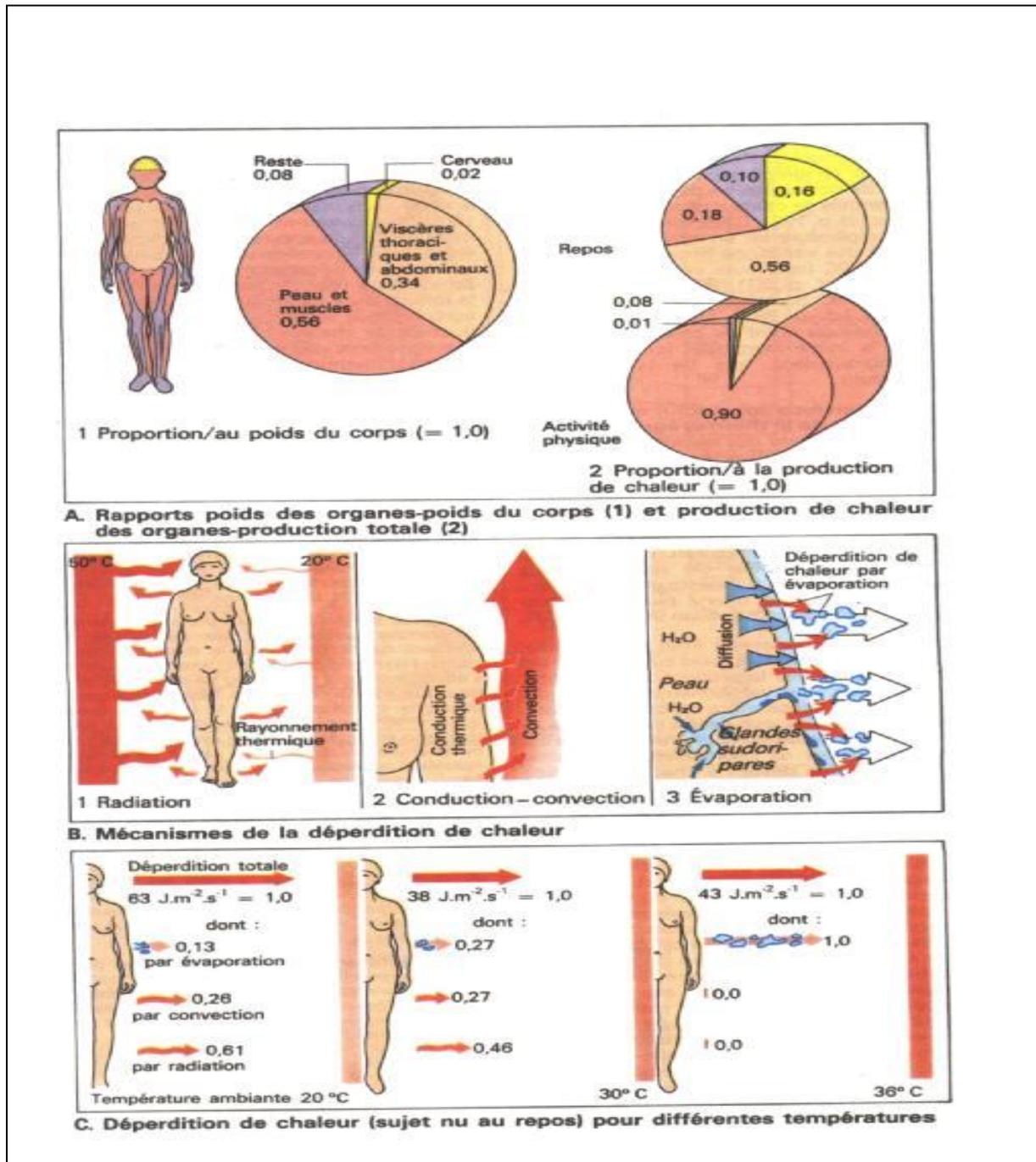


FIGURE N° 22 : LE MECANISME DE LA THERMOREGULATION

VII.5. Rôle de la régulation de la température (thermorégulation)

Le rôle de la régulation de la température est de maintenir **constante** la température du noyau à une valeur de consigne, en dépit des variations des quantités de **chaleur reçues, produites ou perdues (Figure n° 23)**.

Cette valeur de consigne de la température est en moyenne de **37 °C**. On note des variations circadiennes d'environ **± 0,5 °C (minimum vers 3 h, maximum vers 18 h)**. Cette valeur de consigne est contrôlée par une « **horloge interne** ».

Un décalage à plus long terme du point de consigne s'observe durant **le cycle menstruel** et, pathologiquement, lors de **la fièvre**.

L'hypothalamus est le centre de contrôle de la thermorégulation. C'est là que se trouvent des récepteurs sensibles à la température (**thermorécepteurs**) qui enregistrent la température du noyau central.

L'hypothalamus reçoit des informations complémentaires des thermorécepteurs de la peau et de la moelle épinière. Dans les centres thermorégulateurs de l'hypothalamus, la température effective du corps (**valeur réelle**) est comparée à la **valeur de consigne**.

S'il existe une différence, l'organisme met en œuvre plusieurs mécanismes de régulation du bilan thermique. Dans un environnement froid par exemple, la stimulation des récepteurs cutanés au froid active la production de chaleur et provoque **une vasoconstriction cutanée** avant que la température centrale ne chute.

Par opposition, la stimulation des récepteurs centraux au chaud conduit à une augmentation des pertes de chaleur cutanées avant que la peau ne devienne chaude ou même si la peau ne devient pas chaude du tout (**refroidissement évaporatif de la peau**).

Si la température centrale dépasse la valeur de consigne (par ex. lors d'un exercice physique), dans un premier temps le flux sanguin cutané augmente, et par conséquent le transfert de chaleur du noyau vers la peau. Ce n'est pas seulement **le volume/temps** qui augmente, mais plus encore **le transport de chaleur/temps**, ce qui diminue également les échanges de chaleur par contre-courant entre les artères et les veines satellites, enfin le retour veineux des veines profondes est dévié vers le réseau veineux superficiel.

Dans un second temps, **la production sudorale** est plus importante, ce qui refroidit la peau et par là même crée le gradient de température nécessaire aux pertes de chaleur. La mise en jeu de cette réaction a pour origine les récepteurs centraux au chaud.

Ceux de la peau, dans ce cas, ne peuvent rendre compte d'**un réchauffement** puisque leur environnement est de fait devenu plus froid. Si **la température corporelle** tombe en dessous de la valeur de consigne, on observe non seulement une réduction de la déperdition, mais aussi une augmentation (jusqu'à 4 fois le métabolisme de base) de la production de chaleur, essentiellement par activité musculaire volontaire et par frisson.

Le nouveau-né se refroidit très facilement du fait de son **rapport surface/volume élevé**. Mais il possède une possibilité supplémentaire de régulation par thermogenèse sans frisson (dans le tissu adipeux brun). Si la température centrale chute, **la stimulation adrénergique élève** le métabolisme, la production de chaleur augmente.

Ces contre réactions sont déclenchées par un environnement thermique froid au moyen des récepteurs cutanés au froid avant même que la température centrale ne chute. La régulation physiologique de la température permet à l'organisme de maintenir sa température constante pour des températures ambiantes comprises entre **0 et 50 °C** (jusqu'à **100°C** en air très sec, sauna par exemple).

En dehors de la zone de température ambiante « **confortable** », l'homme règle sa température en adaptant son comportement (par exemple, recherche de l'ombre, port de vêtements adaptés, chauffage des habitations).

En dessous de 0°C et au-dessus de 50 °C, seul un comportement approprié permet la régulation de la température. La fièvre est généralement provoquée par des substances particulières, **les pyrogènes**, qui agissent sur le centre de la thermorégulation dans l'hypothalamus. La thermorégulation s'effectue alors à un niveau plus élevé, c'est-à-dire que, lorsqu'on a de la fièvre, la valeur de consigne est décalée vers le haut. En conséquence, le corps est trop froid au début (d'où le frisson musculaire : fièvre avec frissons), lors de la chute de la fièvre, la valeur de consigne redevient normale, et l'organisme est trop chaud (d'où **vasodilatation et sudation**).

Les macrophages sont activés par **les infections, les inflammations et les nécroses**. Ils provoquent alors la libération d'**interleukine 1** synthétisée au niveau du foie, du cerveau et d'organes fabriquant les précurseurs de certaines hormones : c'est un pyrogène endogène

(pouvant aussi agir par l'intermédiaire des **prostaglandines**) dont l'action au niveau du centre thermorégulateur hypothalamique vient contrecarrer la fièvre.

La température du noyau central se prend avec une précision suffisante dans le rectum (**température rectale**) ou la bouche (**température orale**). La prise de température dans l'aisselle fermée (**température axillaire**) demande beaucoup de temps (jusqu'à 1/2 h).

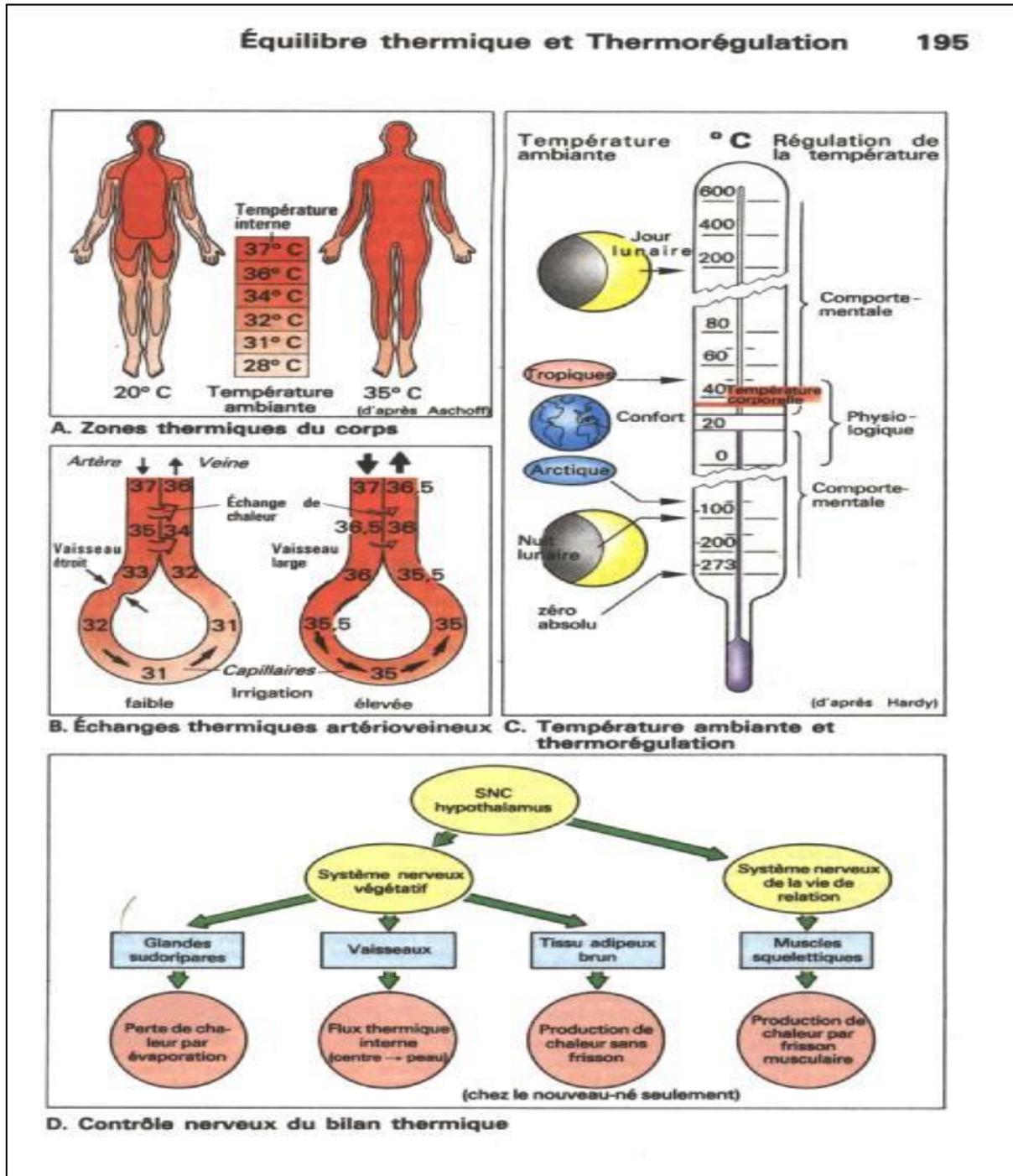


FIGURE N° 23 : LES ECHANGES THERMIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPYQUES

1. **Silbernagl S. et Despopoulos A.**, 2001 - Atlas de poches de Physiologie, 3^e édition, Ed. Lavoisier.fr. 435 p.
2. **Nguyen S.H.**, 2003 - Manuel d'Anatomie et de Physiologie », Ed. Lamarre, coll. Les Fondamentaux, 348 p.
3. **Marieb E.**, 2005 - Anatomie et Physiologie humaines, 6^e édition, Ed. Pearson Education. 1290 p.
4. **Gilles R., Anctil M., Baguet F., Charmantier M., Charmantier G., Péqueux A., Plumier J.C. et Sébert P.**, 2006 - Physiologie Animale, Ed. de Boeck 675 p.
5. **Tortora G.J., et Derrickson B.**, 2007 - Principes d'Anatomie et de Physiologie, 4^e édition, Ed. de boeck, 919 p.
6. **Neil Campbell N. et Reece J.**, 2009 - Biologie, 7^e édition, Ed. Pearson 1334 p.
7. **Raven P.H., Losos J.B., Mason K.A., Johnson J.B., et Duncan T.**, 2014 – Biologie, 3^e édition, Ed. de boeck, 1279 p.
8. **Sherwood L., Klandorf H. et Yancey P.H.**, 2016 - Physiologie Animale, 1^{re} édition, Ed. de Boeck, 31 p.