

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

PREMIERES



V. Desrosiers
A. St. Louis

CYTOLOGIE

LA CELLULE.-

DEFINITION:

La cellule est l'unité anatomique, fonctionnelle et fondamentale de tout être vivant. L'étude de la cellule s'appelle cytologie.

CONSTITUTION DE LA CELLULE ANIMALE.-

La cellule animale est constituée de deux parties essentielles: le cytoplasme et le noyau; le cytoplasme est entouré d'une membrane mince et élastique la membrane cytoplasmique ou membrane plasmique. Cytoplasme et noyau constituent le protoplasme. La cellule animale ne possède pas de membrane squelettique. (membrane cellulosique), c'est une cellule nue.

FORME.-

Qu'elles soient isolées ou groupées, les cellules animales peuvent se présenter sous différentes formes; elles peuvent être sphériques, ovoïdes, globuleuses ou bien en croissant, fusiformes, étoilées ou polyédriques.

DIMENSIONS.-

Les dimensions des cellules sont variables. En général, elles sont de petite taille: certaines cellules animales ont des dimensions de l'ordre de 10 à 15 micromètres. Les globules rouges humains mesurent 6 à 7,5 micromètres de diamètre; d'autres cellules (ovule humain) mesurent 200 micromètres; l'ovule de la poule (jaune de l'œuf) a un diamètre de 2 cm. Les cellules nerveuses ou le prolongement des nerfs peut atteindre 1 mètre sont qualifiées de cellules géantes.

**ETUDE DES CONSTITUANTS ESSENTIELS (MORPHOLOGIQUES)
ET FONCTIONNELS DE LA CELLULE ANIMALE.-**

On distingue dans la cellule animale trois parties essentielles:

- I.- Le Cytoplasme
- II.- Le Noyau
- III.- La Membrane

I.- LE CYTOPLASME.-

A.- SES PROPRIETES.-

Observé au microscope, le cytoplasme est constitué d'une substance visqueuse, transparente, un peu plus réfringente que l'eau, le hyaloplasme. Fluide, il est à l'état appelé sol; il peut devenir plus consistant et se présente alors sous forme d'une gelée ou gel.

La viscosité du cytoplasme varie d'une cellule à une autre, et pour une même cellule, elle dépend de l'état physiologique. Elle varie avec l'âge de la cellule, avec la température. Grâce à cette viscosité, on peut observer facilement des mouvements de brassage entraînant des granulations incluses dans le cytoplasme.

Du point de vue chimique, le cytoplasme est essentiellement formé d'eau et de grosses molécules de protéines, associées à des lipides, des glucides et des enzymes. Il est très avide d'oxygène, c'est un réducteur; il est le siège de la plupart des réactions de la matière vivante. Il est coagulable par la chaleur, l'alcool; il peut se dissoudre dans l'eau de Javel.

B.- LES ENCLAVES OU INCLUSIONS CYTOPLASMIQUES. (ORGANITES)

Dans le cytoplasme sont disséminés deux groupes d'inclusions (organites) différentes :

- 1.- Les inclusions (enclaves) vivantes;
- 2.- Les inclusions inertes ou paraplasme;

INCLUSIONS VIVANTES.-

Elles comprennent:

a) LE CHONDRIOME.-

Il se présente dans le cytoplasme sous forme de petits corps nommés chondriosomes ou mitochondries, plus réfringents que le cytoplasme.

Lorsque le cytoplasme est transparent, on peut facilement observer les chondriosomes sur la cellule vivante, qui se présentent soit sous forme de petits grains (mitochondries), soit sous la forme de bâtonnets ou de filaments (les chondriococtes). Les chondriosomes sont constitués d'une substance lipoprotéique phosphorée; les mitochondries renferment une très grande quantité d'enzymes.

ROLE DU CHONDRIOME.-

- Les chondriosomes jouent un grand rôle dans l'élaboration de certaines substances.
- Ils interviennent dans le métabolisme des lipides et dans certains processus de synthèse de protéines.
- Les mitochondries sont le siège des oxydations cellulaires. Elles constituent le centre respiratoire et énergétique de la cellule.
- En fournissant de l'énergie, à la cellule, le chondriome intervient indirectement dans la plupart des synthèses liées à la croissance, à la sécrétion d'autres éléments cellulaires.

b) L'APPAREIL DE GOLGI.-

Découvert en 1898 par Golgi, l'appareil de Golgi est rarement visible sur la cellule vivante. On peut l'observer, après imprégnation à l'argent qui le colore en noir. Il est formé de petits éléments isolés de forme typique et de taille moyenne appelée corps de Golgi qui se retrouvent au voisinage du noyau.

Les corps de Golgi évoquent la forme de petits bâtonnets, d'écaillés, de croissants; on les appelle dictyosomes. Parfois, l'appareil de Golgi forme autour du noyau un véritable réseau; c'est la forme réticulée qui s'observe dans les cellules nerveuses.

ROLE.-

L'appareil de Golgi intervient dans la sécrétion chez les cellules glandulaires (cellules sécrétrices). C'est un appareil excréteur.

- Il joue un rôle dans la synthèse des holoïdes.
- Il intervient en coopération avec le reticulum endoplasmique dans la synthèse des glycérides dans les glandes intestinales.
- Il concentre les protéines formées par l'ergastoplasme.

c) **LE CENTROSOME.-**

Appelé encore **centre cellulaire** ou **sphère directrice**, le centrosome est une granulation située près du noyau. Il est formé d'une partie centrale très colorable: le centriole entouré d'une masse de protoplasme clair et homogène, dense, appelée archoplasme.

ROLE.-

Le centrosome est un centre cinétique qui tient sous sa dépendance les différents mouvements de la cellule: mouvements internes de la division cellulaire et les mouvements externes, comme ceux des cellules ciliées et flagellées.

LE RETICULUM ENDOPLASMIQUE OU ERGASTOPLASME.-

Dans le cytoplasme figurent d'autres organites: le réticulum endoplasmique constitué de membranes délimitant un ensemble de cavités aplaties communiquant entre elles.

ROLE DU RETICULUM ENDOPLASMIQUE.-

- Le réticulum endoplasmique lisse (sans ribosomes) est responsable de la synthèse des stéroïdes (composés lipidiques).
- Le réticulum granuleux (réticulum associé aux ribosomes) synthétise les protéines (rôle de synthèse dévolu aux ribosomes).
- Le réticulum stocke les protéines formées, les transforme et les distribue spécialement à l'appareil de Golgi.

Le réticulum assure donc un véritable transport à l'intérieur du cytoplasme des substances absorbées.

LES RIBOSOMES OU GRAINS DE PALADE.-

- Les ribosomes ou grains de Palade, organites plus nombreux qui sont dispersés dans le hyaloplasme ou collés contre les membranes du réticulum endoplasmique formant alors l'ergastoplasme; c'est à leur niveau que s'effectue la synthèse des protéines.

LES LYSOSOMES.-

- Les lysosomes sont de petits corpuscules limités par une membrane simple. Ils sont riches en enzymes digestives (hydrolytiques): les lysosomes catalyseurs cellulaires épergiques. Dans les leucocytes, les lysosomes sont particulièrement actifs et digèrent les microbes phagocytés.

ENCLAVES INERTES OU PARAPLASME.-

Les enclaves inertes du cytoplasme sont les vacuoles dont l'ensemble forme la vacuome, et les réserves.

a) **LE VACUOME.-**

C'est un ensemble de petites cavités ou vacuoles, limitées par une membrane de même nature que la membrane cytoplasmique. On les rencontre rarement dans la cellule animale; quand elles existent, elles sont peu nombreuses et tellement petites qu'elles sont à peine visibles. On les observe dans les cellules des protozoaires: vacuoles digestives ou vacuoles pulsatiles, dans les cellules hépatiques, etc.

Les vacuoles sont remplies d'une substance appelée suc vacuolaire qui constitue soit des produits d'excrétion, soit des substances élaborées par le protoplasme et qui forment les réserves.

b) **LES RÉSERVES.-**

Elles se présentent sous la forme d'enclaves glucidiques, protidiques ou lipidiques.

Les glucides sont représentés par des grains de glycogène qui constituent une réserve nutritive; ils sont abondants dans les cellules du foie et des muscles. Les gouttelettes de graisses sont formées de divers lipides et peuvent devenir parfois très grosses et remplir toute la cellule (tissu adipeux).

Dans les cellules à sécrétion interne on trouve des granules ou cristalloïdes qui représentent des inclusions protidiques.

II. NOYAU.

1. FORME ET STRUCTURE.

Le noyau est un corpuscule incolore, plus réfringent que le cytoplasme. On peut l'observer directement sur la cellule vivante. Toutes les cellules ont au moins un noyau. Les cellules dépourvues de noyau telles que les globules rouges sont d'anciennes cellules nucléées qui ont évolué, et au cours de cette évolution, le noyau a disparu.

En général, il n'y a qu'un noyau par cellule, parfois deux (cellules du foie) et même plus (cellules de la moelle osseuse).

La forme du noyau est très variable; généralement globuleuse, elle peut être allongée, lobée (globules blancs).

STRUCTURE.

Le noyau est entouré d'une fine membrane: la membrane nucléaire élastique, mais très visqueuse. Elle est perméable et permet des échanges entre le noyau et le protoplasme. Le noyau renferme, lui aussi, des organites baignés dans une substance visqueuse et homogène, le nucléoplasme.

A l'intérieur du noyau se trouve une masse soit très fluide, soit à l'état de gelée, le suc nucléaire, contenant en suspension un ou plusieurs corpuscules arrondis et réfringents: les nucléoles. Ces corpuscules peuvent être absents dans les cellules embryonnaires animales et les spermatozoïdes. Dans certains cas, le suc nucléaire montre des éléments, filaments plus réfringents; ces éléments sont constitués par de la chromatine, substance riche en acides nucléiques.

On peut observer dans le suc nucléaire de petites granulations colorables par les colorants basiques, ce sont les grains de chromatine réunis entre eux par des filaments très fins, difficiles à colorer, appelés filaments achromatiques.

Le noyau peut subir des modifications importantes au moment de la division cellulaire. La chromatine devient plus colorable et apparaît sous forme d'un réseau de filaments: les chromosomes dont la forme et le nombre sont bien définis pour toutes les cellules d'une même espèce; l'ensemble de ces caractères constitue le caryotype; (chromatine et chromosomes représentent deux états différents d'un même matériel).

Les chromosomes (46 chez l'homme) jouent un rôle essentiel dans la cellule; ce sont des éléments caractéristiques du noyau. Ils conditionnent le sexe de chaque individu et sont responsables de la transmission des caractères héréditaires.

2. COMPOSITION CHIMIQUE DU NOYAU.

La composition chimique du noyau est voisine de celle du cytoplasme; on y distingue:

- Le suc nucléaire constitué par des holoprotéines, des molécules d'eau et des phosphatides.
 - La chromatine constituée par des protéines complexes qui contiennent des acides nucléiques, riches en phosphore (ce sont des nucléoprotéides), du calcium, du magnésium, du fer.
- Le noyau est particulièrement riche en diastases qui interviennent dans le métabolisme des acides nucléiques.

2.- ROLE DU NOYAU.-

Le noyau est indispensable à la vie cellulaire; il contrôle le développement de la cellule, son fonctionnement, sa division. C'est le centre directeur de la cellule grâce aux chromosomes qui contiennent l'information génétique dans les molécules de l'ADN.

- Il intervient dans le métabolisme cellulaire, par l'intermédiaire du nucléole et de la chromatine.
- Grâce aux gènes que portent les chromosomes, le noyau joue un rôle dans la transmission des caractères héréditaires.
- Il joue également un rôle dans l'assimilation cellulaire.

RAPPORT ENTRE LE CYTOPLASME ET LE NOYAU.-

Le rapport nucléoplasmique ou mieux nucléocytoplasmique (R N P), est le rapport qui existe entre le volume du cytoplasme et celui du noyau: $\frac{N}{P}$.

Ce rapport $\frac{N}{P}$ est constant pour une espèce de cellule déterminée prise dans les mêmes conditions de nutrition et à un même stade de son développement.

Dans la cellule jeune, le noyau est plus volumineux par rapport au cytoplasme, et ce rapport est plus élevé.

Le rapport nucléo-cytoplasmique traduit aussi les relations étroites entre le cytoplasme et le noyau, aussi toute altération du noyau influence le cytoplasme et vice versa. Le cytoplasme ne peut vivre en l'absence du noyau; pour le montrer on a réalisé l'expérience dite de mérotomie:

On sectionne une cellule en deux parties; l'une d'elles renferme le noyau et l'autre, le cytoplasme sans le noyau. La partie nucléée continue à vivre si elle renferme le cytoplasme, tandis que l'autre partie contenant le cytoplasme seul est incapable de croissance, car le cytoplasme n'a pas la propriété de former le noyau.

III.- MEMBRANE.-

La membrane est une mince pellicule de l'ordre de 0,01 micromètre, formée par la condensation de la partie périphérique du cytoplasme. Elle n'est pas fondamentalement différente de ce cytoplasme. Du point de vue chimique, elle est formée des mêmes substances que lui; elle est donc vivante.

Si on la sectionne, elle se renferme presque instantanément. La membrane est déformable, on peut s'en rendre compte: avec un crochet en verre on peut tirer la membrane, elle se déforme, puis elle reprend facilement sa forme quand on la lâche.

Elle est perméable, elle permet les échanges nutritifs entre le protoplasme et le milieu ambiant en permettant l'entrée ou la sortie de certaines substances. Elle est constituée de protéines et de phospholipides.

1) L'ENDOCYTOSE.-

L'endocytose est un mécanisme par lequel la membrane absorbe des substances (particules) liquides ou solides. On en distingue deux formes:

- La pinocytose dans laquelle les substances absorbées sont liquides (prélèvement des gouttelettes de liquide extracellulaire).
- La phagocytose dans laquelle les particules absorbées sont solides (Phagocytose des bactéries par des leucocytes).

L'endocytose permet à un petit nombre de molécule, même les plus grosses d'entrer dans les cellules.

2) L'EXOCTOSE.-

Le mécanisme de l'exocytose est l'inverse de l'endocytose. Il permet à la cellule de rejeter à l'intérieur des substances et sécrétions fabriquées par la cellule. Elle permet aussi à la cellule d'ajouter de nouvelles portions de membrane à la membrane déjà existante.

DIFFERENCES ENTRE LA CELLULE ANIMALE ET LA CELLULE VÉGÉTALE.-

Les différences entre la cellule animale et la cellule végétale peuvent se résumer dans le tableau suivant:

Cellule animale	Cellule végétale
1.- Pas de membrane cellulosique (membrane cytoplasmique seulement)	1.- Membrane cellulosique
2.- Centrosomes	2.- Pas de centrosomes (sauf chez les champignons).
3.- Appareil de Golgi fréquemment mis en évidence.	3.- Appareil de Golgi rarement mis en évidence.
4.- Pas de plastes	4.- Plastes
5.- Vacuoles petites (quand elles existent)	5.- Vacuoles de grande taille.

QUESTIONS

I. Compléter les phrases suivantes:

- 1.- L'unité anatomique, fonctionnelle et fondamentale des organismes vivants est
- 2.- Les deux parties essentielles qui constituent la cellule animale sont et
- 3.- Le cytoplasme est entouré d'une membrane mince et élastique appelée
- 4.- Le cytoplasme est constitué d'une substance visqueuse, transparente, réfringente, nommée
- 5.- Le chondriome se présente dans le cytoplasme sous forme de petits corps appelés
- 6.- L'appareil de Golgi est formé de petits éléments isolés de forme typique et de taille moyenne qu'on appelle
- 7.- Le centrosome appelé encore ou est une granulation située près du noyau.
- 8.- Le centrosome est constitué d'une partie centrale très colorable appelée
- 9.- C'est au niveau des ribosomes que s'effectue la synthèse

LA VIE CELLULAIRE

La vie de la cellule se manifeste par sa sensibilité ou irritabilité, sa nutrition, sa croissance et sa multiplication.

1.- SENSIBILITE DE LA CELLULE (OU IRRITABILITE).

La cellule est capable de réagir à certains facteurs extérieurs tels que: l'action mécanique, la lumière, la chaleur, les agents chimiques, le courant électrique etc.; elle est dite alors sensible à ces facteurs. Chaque cellule réagit d'une façon particulière aux excitations portées sur elle (action mécanique) et cette réaction est spécifique de la cellule considérée.

Sous l'action d'un excitant mécanique, chimique ou électrique, les cellules des muscles réagissent en se contractant; les cellules des glandes salivaires réagissent en sécrétant de la salive, et celles des glandes lacrymales, des larmes.

Les organismes unicellulaires: les protozoaires (amibes) sont sensibles aux agents extérieurs. Ils réagissent par des mouvements appelés tactismes: ce sont des réactions du protoplasme.

Placée dans un milieu défavorable, l'amibe réagit en émettant des pseudopodes (prolongements cytoplasmiques). Elle peut ainsi fuir la lumière, la chaleur et les agents chimiques: ce sont des réactions de défense.

L'émission des pseudopodes permet à l'amibe d'absorber et de détruire les petits corps étrangers avec lesquels elle rentre en contact accidentellement: c'est le phénomène de la phagocytose. Ce phénomène s'observe dans les cellules des globules blancs qui phagocytent les microbes dangereux à la vie de l'organisme.

2.- NUTRITION DE LA CELLULE.

Étant vivante, la cellule est le siège de transformations chimiques continues qui permettent d'accroître sa masse par l'assimilation de substances nouvelles et l'élimination de déchets nuisibles. Il s'établit donc un échange matériel continu entre la cellule et le milieu extérieur: cet échange constitue la nutrition.

On peut expliquer la nutrition cellulaire par la perméabilité de la membrane cellulaire:

La perméabilité cellulaire est l'ensemble des mécanismes qui assurent la pénétration de l'eau et des substances dissoutes à travers la membrane cytoplasmique. Ce phénomène est complexe, car la membrane cytoplasmique est vivante. Toutes les substances qui entrent dans la cellule ou qui sortent doivent passer à travers cette membrane. Celle-ci exerce un contrôle sur les échanges de la cellule et le milieu extérieur, en laissant pénétrer dans la cellule les aliments nécessaires et diffuser vers l'extérieur les substances inutiles ou nuisibles.

Suivant les besoins de la cellule, la membrane cytoplasmique peut modifier sa perméabilité à chaque instant pour certaines substances. On dit que sa perméabilité est sélective. C'est toujours sous la forme liquide que la cellule absorbe les substances nécessaires à sa nutrition. Ce liquide passe dans la cellule, soit par diffusion, soit par osmose.

Le phénomène d'osmose peut être mis en évidence par l'expérience de Dutrochet.

EXPERIENCE.-

On plonge dans l'eau ordinaire (hypotonique) une vessie de porc incomplètement remplie d'eau salée ou sucrée (hypertonique). Au bout d'un certain temps, il se produit à travers la membrane cytoplasmique un double courant qui se continue jusqu'à ce que la concentration soit la même dans les deux liquides (solution isotonique). L'eau salée, quitte la vessie où l'eau ordinaire en plus grande abondance la remplace, de sorte que la vessie se gonfle.

On explique ces faits facilement: les molécules d'eau passent rapidement du milieu où elles sont plus concentrées vers celui où elles le sont moins.

C'est grâce à un mécanisme semblable que les cellules puisent à travers la membrane, les liquides nutritifs que le sang amène au voisinage des cellules. C'est aussi par le même procédé que les substances cheminent d'une cellule à l'autre assurant ainsi la nutrition des tissus. Le même mécanisme agit lorsque la cellule rejette à l'extérieur les substances qui sont inutiles (déchets).

Dans cette expérience, l'équilibre osmotique est atteint lorsque la quantité de sel est la même dans les deux faces de la membrane. Mais, dans la cellule vivante, la matière a pénétré dans le protoplasme de sorte que l'équilibre osmotique n'est jamais atteint, c'est-à-dire que la nutrition est continue.

METABOLISME.-

Le métabolisme est l'ensemble des transformations chimiques que subissent les diverses substances nutritives de l'organisme vivant, et qui lui permettent de croître et de vivre.

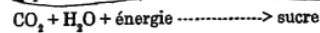
Le métabolisme comporte deux phases:

- des réactions de synthèse ou **anabolisme**
- des réactions de dégradation ou **catabolisme**

Les réactions métaboliques font intervenir des facteurs chimiques: des diastases, des vitamines et des hormones. Ces facteurs sont appelés des **biocatalyseurs**.

a) ANABOLISME OU ASSIMILATION.-

L'anabolisme est l'ensemble des réactions de synthèse qui permettent d'obtenir à partir de petites molécules des molécules plus complexes. Ces réactions exigent des quantités importantes d'énergie: elles sont endothermiques.



Les glucides peuvent se former à partir des protides et des lipides, les cellules hépatiques fabriquent du glycogène à partir du glycérol (glycérine), provenant de l'hydrolyse des lipides. Les protides, substances plastiques absorbées sous forme d'acides aminés, sont transformés en protéines constituant le protoplasme de la cellule.

L'anabolisme en produisant de nouvelle matière vivante, permet la réparation de l'usure ou la croissance des cellules. Il produit aussi des substances inertes qui peuvent s'accumuler dans les cellules où elles constituent des produits de réserve, c'est-à-dire des substances que la cellule pourra utiliser ultérieurement.

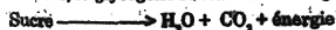
Ces réserves peuvent être: des substances minérales, du fer dans les cellules du foie et du duodénum, des substances organiques:

- des glucides sous forme de glycogène dans les cellules hépatiques;
- des lipides sous forme de graisses, dans les cellules adipeuses;
- des protides: corpuscules protidiques du foie, et dans l'ovule des animaux (vitellus de l'œuf).

b) **CATABOLISME OU DESASSIMILATION.-**

Le catabolisme est l'ensemble des réactions de dégradation des substances complexes en substances plus simples avec production de quantité plus ou moins importante d'énergie. L'énergie libérée peut être sous des formes variées: chimique, thermique, mécanique, électrique. Les réactions de dégradation se réalisent au cours de la respiration qui consiste en la combustion des glucides, des protéides et des lipides avec formation de CO_2 , H_2O et NH_3 . Ce phénomène exige l'apport d'une quantité suffisante d'oxygène libre.

Les réactions de catabolisme consistent en des réactions de dédoublement qui dégagent peu d'énergie: au niveau du foie, le glycogène se transforme en glucose.



3.- **CROISSANCE.-**

Grâce à l'anabolisme, la croissance d'une jeune cellule se fait par formation continue du protoplasme puisque la cellule ne s'accroît pas indéfiniment et bientôt elle atteint une taille limite. Celle-ci une fois atteinte, la cellule va se diviser: c'est la multiplication cellulaire.

4.- **MULTIPLICATION OU DIVISION CELLULAIRE.-**

Toute cellule provient d'une cellule préexistante qui s'est divisée en deux cellules-filles semblables à elles mêmes: il y a eu multiplication par division cellulaire.

ASPECTS MORPHOLOGIQUES DE LA DIVISION CELLULAIRE.-

La division cellulaire se fait suivant deux processus:

AMITOSE OU DIVISION DIRECTE

MITOSE OU DIVISION INDIRECTE

A.- **AMITOSE OU DIVISION DIRECTE.-**

L'amitose, très simple, est assez rare. Lors de cette division, le noyau s'étire, s'étrangle, se coupe en deux noyaux-fils, puis le cytoplasme lui-même s'allonge, s'étrangle en son milieu et finalement se scinde à son tour pour donner deux cellules-filles semblables à la cellule mère. L'amitose est donc une multiplication par scissiparité. Elle s'observe chez les protozoaires (amibe, paramécie...), et aussi dans les cellules des globules blancs (monocytes).

B.- **MITOSE OU DIVISION INDIRECTE (DESCRIPTION).-**

La mitose ou division indirecte, appelée encore caryocinèse, est le mode de division de presque toutes les cellules de l'organisme. Elle est caractérisée par l'apparition de chromosomes dans le noyau et leur dédoublement, ainsi que par la formation d'un fuseau achromatique. Le déroulement de la mitose est continu, mais pour la commodité de la description, les biologistes distinguent 4 phases d'inégales durées qui s'enchaînent les unes aux autres:

- 1- la prophase ou phase de préparation
- 2- la métaphase ou phase de formation de chromosomes (ou phase de la formation de la plaque équatoriale);
- 3- l'anaphase ou phase de division proprement dite (ou phase de l'ascension polaire);
- 4- la télophase, phase de séparation des cellules formées et du retour à l'état initial.

1.- **PREMIERE PHASE, OU PROPHASE.-**

- a) Au début de la prophase, dans le noyau légèrement gonflé, tandis que les nucléoles disparaissent, les grains de chromatine s'unissent, s'alignent, puis se transforment en filaments très minces, enchevêtrés, bien distincts, bien individualisés, d'abord près de la membrane nucléaire, puis au centre du noyau: les chromosomes en nombre pair ($2n$). Ces chromosomes de plus en plus nets se spiralissent et de ce fait, s'épaississent et se raccourcissent.

- b) Au milieu de la prophase, chaque chromosome est fissuré longitudinalement dès son individualisation, en deux moitiés identiques, les chromatides, réunies en un point: le centromère (ou constriction primaire).

Le centriole, issu du centrosome, se divise en deux, et les deux centrioles formés s'entourent de fibres rayonnantes et forment deux asters qui se dirigent vers les pôles opposés de la cellule. Les fibres rayonnantes des asters se rejoignent dans le cytoplasme pour former le fuseau achromatique, ainsi appelé parce qu'il ne prend pas les colorants.

- c) Vers la fin de la prophase, la membrane nucléaire s'estompe progressivement et finit par disparaître. Le nucléoplasme et le cytoplasme sont alors confondus et il ne subsiste plus du noyau que des chromosomes.

2.- DEUXIEME PHASE, OU METAPHASE.-

Les chromosomes se fixent sur les fibres du fuseau achromatique et dessinent suivant leur nombre et leur forme une figure caractéristique: la plaque ou couronne équatoriale, ainsi nommée en raison de sa situation, à égale distance des deux pôles. Chacun des chromosomes est relié à une fibre du fuseau par son centromère. Le centromère se fissure et les chromatides se séparent, leurs bras sont orientés vers l'extérieur dans la région équatoriale.

3.- TROISIEME PHASE OU ANAPHASE.-

A la suite du clivage du centromère, les deux chromatides qui étaient restés accolés se séparent. Les deux chromosomes-fils ainsi formés s'écartent l'un de l'autre et se dirigent chacun vers un pôle opposé de la cellule en glissant le long d'un filament du fuseau achromatique; c'est l'ascension polaire de deux de chromosomes-fils identiques.

4.- QUATRIEME PHASE OU TELEPHASE.-

Au cours de la télophase, les chromosomes, arrivés aux pôles de la cellule, se tassent, reprennent leur forme allongée de filament, perdent leur individualité par despiralisation des chromatides et prennent l'aspect d'un fin réseau de chromatine.

Les asters et le fuseau achromatique régressent, une nouvelle membrane nucléaire, s'élabore à partir d'un réseau intracellulaire, le réticulum endoplasmique, les nucléoles élaborés au niveau de certaines régions de chromosomes appelées organisateurs nucléolaires, réapparaissent. Aux deux pôles de la cellule deux noyaux-fils se reconstituent. Chacun des deux centrioles se trouve près de chaque noyau.

À la fin de cette dernière phase, dans la région équatoriale du fuseau déjà le cytoplasme de la cellule-mère forme une nouvelle membrane qui va définitivement séparer les deux cellules-filles. La mitose ne change pas le nombre des chromosomes, chacune ayant fourni un double avant la séparation des deux cellules.

La mitose dure de une à 3 heures; les phases les plus longues sont la première et la dernière; la plus courte est la deuxième (5 minutes).

Remarques.-

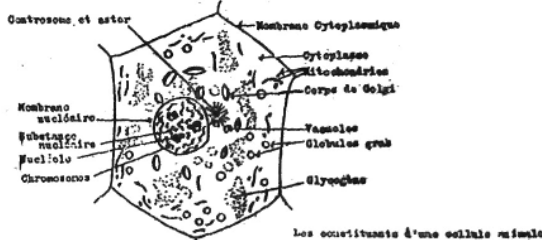
La mitose équationnelle n'est pas le seul processus de division cellulaire. Il en existe d'autres encore comme:

- la méiose (méios = moins) qui est une mitose réductionnelle dans laquelle le nombre de chromosomes diminue de moitié. La méiose a lieu lors de la formation des gamètes.
- L'endomitose où il augmente, et d'autres encore.
- Il y a aussi une autre phase appelée interphase. Elle sépare deux divisions successives d'une cellule vivante. C'est pendant l'interphase que se déroule l'essentiel de l'activité cellulaire (synthèses organiques, croissance, duplication de la masse d'ADN dans la cellule).

DIVISION DU CYTOPLASME OU PLASMODIERESE (OU CYTODIERESE).

C'est au cours de la télophase que s'effectue la plasmodièrèse, mais elle peut commencer à l'anaphase. Dès le milieu de l'anaphase, la membrane cellulaire et le cytoplasme présentent un étranglement équatorial; cet étranglement se poursuit et se complète à la télophase, ce qui conduit à une séparation totale de deux cellules filles semblables à leur cellule-mère. Chaque cellule renferme non seulement un noyau équivalent et une masse cytoplasmique à peu près égale, mais aussi plus ou moins également les éléments figurés du cytoplasme (chondriosomes, dictyosomes, etc.) qui peuvent se diviser au préalable. Avec la division du cytoplasme se termine la mitose équationnelle.

«La cytokinèse est le phénomène qui assure le partage du cytoplasme et donne naissance à de nouvelles cellules, chacune ayant son propre noyau. Souvent la mitose et la cytokinèse se produisent en même temps».



QUESTIONS

I. Compléter les phrases suivantes:

- 1.- La vie de la cellule se manifeste par et
- 2.- Les organismes cellulaires (les protozoaires), sensibles aux agents extérieurs, réagissent par des mouvements appelés
- 3.- L'échange matériel continu qui s'établit entre la cellule et le milieu extérieur s'appelle
- 4.- Le passage d'un liquide (l'eau) d'un milieu moins concentré à un milieu le plus concentré se nomme
- 5.- La pression engendrée par l'osmose est appelée
- 6.- L'ensemble des transformations chimiques que subissent les substances nutritives absorbées par perméabilité sélective à l'intérieur de la cellule s'appelle
- 7.- Les deux phases que comporte le métabolisme sont et
- 8.- La dégradation de substances complexes en substances plus simples s'appelle
- 9.- La synthèse de nouvelle matière ou de substance de réserve avec production de quantité importante d'énergie se nomme
- 10.- Le mode de division de presque toutes les cellules de l'organisme est appelée ou
- 11.- Les chromatides sont réunies en un point appelé ou
- 12.- Toute cellule provient d'une cellule préexistante qui s'est divisée en semblable à elle-mêmes.

CHAPITRE TROISIEME

COMPOSITION CHIMIQUE DU PROTOPLASME

Le protoplasme est l'ensemble des constituants vivants de la cellule. Sa composition chimique est la même dans toutes les cellules; seules les proportions des constituants peuvent être différentes. Il est constitué de matières minérales et de matières organiques.

I- MATIERES MINERALES.-

Elles comprennent:

a) L'EAU.-

L'eau représente environ 60% du poids des tissus. Elle se rencontre à l'intérieur de la cellule, où elle est nécessaire pour la formation et l'entretien du cytoplasme. Elle est la base chimique de la vie cellulaire car, c'est l'eau qui est la plus grande transporteuse des substances nécessaires à la vie de la cellule et elle sert de véhicule pour l'élimination des déchets du métabolisme. Elle joue le rôle de solvant des substances minérales.

b) LES SELS MINERAUX.-

Les plus connues de ces substances minérales sont les chlorures de sodium, de potassium, de magnésium, des phosphates, des carbonates, des sulfates de Ca, de Mg, de Fe, etc. Ces sels minéraux jouent un rôle non moins grand que l'eau dans la matière vivante elle-même, dans la constitution du squelette des êtres vivants. On peut rencontrer dans les tissus plus de 30 éléments, mais tous ne font pas partie essentielle de la matière vivante.

1% de la cellule est constitué par le: P, S, K, Fe, Mg, etc. Ces éléments sont essentiels à la vie cellulaire. D'autres éléments, comme Na, Cl, sont aussi présents, mais ne sont pas aussi importants. Le Fe, le Cu, le Mn, l'I et le Zn s'y trouvent seulement à l'état de traces; ces éléments sont appelés oligo-éléments.

II- MATIERES ORGANIQUES.-

Les substances organiques qui forment le protoplasme sont très nombreuses. Les chimistes les classent en 3 catégories: les protides, les glucides et les lipides.

1- LES PROTIDES.-

Appelés encore albuminoïdes, les protides sont les constituants organiques les plus importants du protoplasme. Ils ont formés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. La plupart renferment du soufre et certains, du phosphore. Leur masse molaire est très élevée: ce sont des colloïdes. Les acides, l'alcool, le formol, les précipitent.

CLASSIFICATION DES PROTIDES.-

On distingue trois groupes de protides:

- a) les acides aminés
- b) les polypeptides
- c) les protéides

a) **LES ACIDES AMINES.-**

Ce sont des corps organiques azotés relativement peu complexes et non colloïdaux. Ils se présentent sous forme de cristaux incolores plus ou moins solubles dans l'eau. Ils ont une saveur variable: sucrée pour le glycocole, amère pour la leucine. Les acides aminés sont des corps ampholytes, c'est-à-dire qu'ils sont acides par la fonction COOH et basiques par la fonction amine NH₂. Comme acides aminés on peut citer : le glycocole, la tyrosine, la cystéine, la lysine, la valine.

Leur formule générale est:
$$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$

b) **LES POLYPEPTIDES.-**

Ils résultent de l'union de deux ou plusieurs acides aminés en chaînes plus ou moins longues. Cette synthèse se fait par perte d'une molécule d'eau entre deux acides aminés. Les polypeptides sont plus ou moins solubles dans l'eau. Parmi les plus importants, on peut citer: l'insuline ou hormone pancréatique, hypoglycémiant, le glutathion: hormone pancréatique, hyperglycémiant.

c) **LES PROTEIDES OU PROTEINES.-**

Les protéides sont des composés naturels à grosses molécules. Ils donnent en général des solutions colloïdales avec l'eau. En solution, on les reconnaît aisément par les réactions de coagulation (coagulation par la chaleur du sérum sanguin, du lait écrémé, de l'albumine, etc. ...).

CLASSIFICATION DES PROTEIDES.-

La classification des protéides est basée non pas sur leur constitution, mais sur des caractères secondaires (solubilité, caractère acide, neutre ou basique, précipitabilité par les sels, etc. ...) On les subdivise en holoprotéides (ou hoprotéines) et hétéroprotéides. (ou hétéroprotéines).

A.- **LES HOLOPROTEIDES OU HOLOPROTEINES.-**

Les holoprotéides, hydrolysés, ne libèrent que des acides aminés. Ayant des fonctions acides et des fonctions basiques, ils sont comme les acides aminés, amphotères ou ampholytes.

Les holoprotéides sont classés en: protéines solubles et en protéines insolubles.

a) **Protéines solubles. Ce sont:**

- Les globines qui forment la partie protéique de l'hémoglobine. Elles sont solubles dans l'eau et peuvent être précipitées par l'ammoniaque.
- Les albumines qui ont un masse molaire généralement élevée. Elles sont solubles dans l'eau (solution colloïdale), dans les solutions étendues d'acides, de bases et de sels. On peut citer: l'ovalbumine du blanc d'œuf, la lactalbumine du lait, la léguméline du pois.
- Les globulines plus ou moins solubles dans l'eau, elles sont toutes coagulables par la chaleur. On peut citer: le fibrinogène du plasma sanguin, les sérum-globulines, les globulines du lait, la tyroglobuline de la glande thyroïde.

b) **Protéines insolubles. Ce sont:**

- Les kératines, constituants des ongles, des poils, de la corne des mammifères. Elles sont insolubles dans l'eau froide et dans les solutions diluées d'acides, de bases, et de sels.

- Les collagènes des tissus conjonctifs, des os, des tendons, qui peuvent se transformer en colle par chauffage avec de l'eau à l'autoclave à 120°C.

- L'élastine, voisine des collagènes.

B.- LES HETEROPROTEIDES OU HETEROPROTEINES.-

Ce sont des protéines complexes. Ils possèdent les propriétés principales des holoprotéines, mais leur hydrolyse donne des acides aminés combinés à une substance non protidique. Ils comprennent:

- les **phosphoprotéides**: ce sont des protéides qui renferment dans leur molécule du phosphore: la caséine du lait, la phosphovitrine du jaune d'œuf.
- les **nucléoprotéides** qui constituent la masse des noyaux cellulaires
- les **chromoprotéines**, hémoglobine du sang, combinaison d'un holoprotéide (globine) et de 4 molécules de composés organiques appelés **hèmes** qui contiennent du fer.

2.- LES LIPIDES.-

Les lipides ou corps gras naturels sont des esters d'alcool plus ou moins complexes et d'acides gras. Ils sont insolubles dans l'eau avec laquelle ils peuvent former des émulsions. Ils sont solubles dans les solvants organiques: benzène, éther, alcool, chloroforme. Leurs molécules sont beaucoup plus petites que celles des protéides.

CLASSIFICATION DES LIPIDES.-

On peut les classer en: lipides simples ou lipides ternaires et en lipides complexes ou hétérolipides.

a) LIPIDES SIMPLES OU LIPIDES TERNAIRES

Ce sont des composés ne renfermant dans leur molécule que de l'hydrogène, de l'oxygène et du carbone. Parmi ces lipides on peut citer:

- Les **glycérides**, appelés graisses neutres, sont liquides (huile), ou solides (beurres et graisses) à la température ordinaire. Ils sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les solvants organiques. A chaud et en présence d'une base, ils donnent du savon (c'est la saponification).
- Les **stérides**.- Ce sont des composés résultant de l'estérification par un acide gras, d'alcools secondaires appelés **stérols**. On peut citer: le (cholestérol) contenu dans le sang et dans la bile, l'ergostérol (stérol des cellules végétales).
- Les **cérides**.- Parmi eux on peut citer: les cires d'abeilles, solides à la température ordinaire et le blanc de baleine, liquide à la température ordinaire.

b) LES LIPIDES COMPLEXES OU HETEROLIPIDES.-

Les lipides complexes, encore appelés substances lipidiques sont des composés azotés et phosphorés. Ils représentent les constituants les plus importants de la matière vivante. On peut citer: les lécithines du jaune d'œuf, du cerveau, des grains de pollen et la myéline des nerfs.

Dans le cytoplasme, lipides et protéides sont parfois étroitement associés en complexe lipo-protéique.

3. LES GLUCIDES.-

Les glucides sont des composés organiques qui sont constitués de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans lesquels l'hydrogène et l'oxygène existent dans les mêmes proportions que dans l'eau, d'où leur ancien nom d'hydrates de carbone. Leur formule générale est $C_n(H_2O)_n$.

CLASSIFICATION DES GLUCIDES.

Les glucides se divisent en deux groupes: les oses et les osides

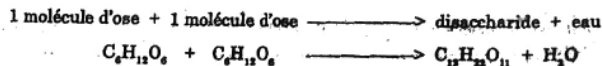
■ LES OSES.-

Les oses, appelés encore monosaccharides, sont des sucres simples, non hydrolysables, de formule $C_6H_{12}O_6$. L'un des sucres les plus importants est le glucose qu'on trouve chez presque tous les êtres vivants. Il existe dans la plupart des fruits sucrés, dans le miel. Dans le sang, il existe dans la proportion de 1 gramme par litre. On peut citer également: le lévulose, le galactose.

■ OSIDES.-

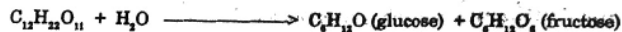
Ce sont des corps qui, par hydrolyse, donnent un ou plusieurs oses. Ils comprennent:

- Les disaccharides, appelés sucres doubles, sont formés de 12 atomes de carbone. Leur formule générale est $C_{12}H_{22}O_{11}$. Ils résultent de l'union de deux oses avec élimination d'eau:



On peut citer:

le saccharose ou sucre de canne ou de betterave, son hydrolyse donne une molécule de glucose et une molécule de fructose.

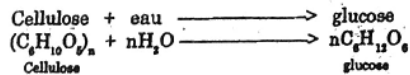


- Le lactose ou sucre du lait, $C_{12}H_{22}O_{11}$, résulte de l'union du glucose et du galactose.
- Le maltose ou sucre du malt qui provient de la condensation de deux molécules de glucose. Tous ces corps sont des solides blancs, sucrés solubles dans l'eau.
- Les polysaccharides ou polyosides $(C_6H_{10}O_5)_n$. Ils résultent de la condensation de plusieurs molécules d'oses avec perte de molécules d'eau. Les uns donnent avec l'eau des solutions colloïdales, les autres sont insolubles dans l'eau.

On peut citer:

- Le glycogène ou amidon animal, que l'on rencontre dans le foie et dans les muscles. Son hydrolyse par l'eau acidulée donne le glucose.
- L'amidon ou fécule $C_6H_{10}O_5$. Il constitue la principale réserve des végétaux. Il existe dans la cellule végétale sous forme de petits grains microscopiques. Il est insoluble dans l'eau froide, mais dans l'eau bouillante, il donne une solution colloïdale appelée empois d'amidon. Il se colore en bleu par les solutions d'iode.
- L'inuline qui remplace l'amidon dans certains organes souterrains: tubercule de Dahlia, de Topinambour. Elle est soluble dans l'eau, mais n'est pas colorée en bleu par l'iode.
- La cellulose qui rentre dans la constitution de la membrane squelettique des végétaux. Elle est insoluble dans l'eau et ne donne avec elle ni solution colloïdale, ni empois.

Son hydrolyse par l'eau acidulée donne du glucose:



CHAPITRE QUATRIEME

DIFFERENCIATION CELLULAIRE

La différenciation cellulaire est liée à des phénomènes de prolifération; toutes les cellules d'un être vivant dérivent d'une même cellule œuf et sont génétiquement identiques. Par une série de divisions successives se forment un grand nombre de cellules-filles.

Chez les organismes unicellulaires (protozoaires), les cellules se séparent et mènent une vie indépendante. Chaque cellule accomplit toutes les fonctions caractéristiques de la vie: absorption des aliments, digestion, respiration, excrétion, mouvement, reproduction.

Chez les métazoaires (êtres pluricellulaires), les cellules restent unies et forment l'embryon. D'abord, toutes semblables, les cellules vont prendre un aspect particulier très différent de l'aspect primitif. Suivant leur position, ces cellules vont assurer des fonctions différentes, et à chaque fonction correspond une espèce de cellules. Chez l'homme on peut distinguer une douzaine d'espèces cellulaires: cellules osseuses, cellules musculaires, cellules nerveuses, cellules sanguines. etc...

HISTOLOGIE

LES TISSUS.-

DEFINITION:

Un tissu est un ensemble de cellules d'une ou de plusieurs espèces, agencées suivant un mode particulier et qui accomplit des fonctions déterminées.
L'étude des tissus s'appelle Histologie.

TISSUS ANIMAUX

PRINCIPAUX TISSUS:

Les tissus animaux peuvent se classer en:

- 1°) tissu épithélial ou épithélium
- 2°) tissu sécréteur ou glandulaire (Variété de tissu épithélial)
- 3°) tissu conjonctif
- 4°) tissus spéciaux qui comprennent:
 - a) le tissu cartilagineux
 - b) le tissu osseux
 - c) le tissu musculaire
 - d) le tissu sanguin
 - e) le tissu adipeux

1°) TISSU EPITHELIAL.-

Un épithélium est un tissu composé de cellules juxtaposées, soudées par un ciment intercellulaire. Il recouvre, protège la surface extérieure du corps (épiderme) et tapisse les cavités internes (tube digestif). C'est un tissu protecteur de revêtement.

PRINCIPAUX TYPES D'EPITHELIUM.-

On distingue:

- A.- L'épithélium simple
- B.- L'épithélium composé ou stratifié

A.- EPITHELIUM SIMPLE:

Il est formé d'une seule couche de cellules fortement adhérentes entre elles (intérieur de l'estomac).

B.- EPITHELIUM COMPOSE.-

Il est constitué de plusieurs couches de cellules superposées (épidermes de la peau, de la langue, de la trachée-artère).

Les uns et les autres peuvent prendre différentes formes:

- a) épithélium pavimenteux ou endothélium.- Il est formé de cellules aplaties, minces, qui rappellent les pavés d'un carrelage. C'est le cas de l'épithélium des alvéoles pulmonaires, des séreuses, des capillaires.
- b) épithélium cylindrique: Il est composé de cellules hautes cylindriques ou prismatiques. C'est l'épithélium cylindrique de la paroi de l'intestin ou de l'estomac.
- c) épithélium cilié ou vibratile: Il est formé de cellules épaissies à leur sommet en un plateau strié ou bordure en brosse. Ces cellules peuvent porter des prolongements très fins doués de mouvements vibratoires appelés cils vibratiles. C'est l'épithélium de la trachée-artère, des branchies des mollusques.

2°) TISSU GLANDULAIRE.-

Le tissu glandulaire est une variété de tissu épithélial.

CELLULES GLANDULAIRES OU SECRETRICES.-

Ce sont des cellules épithéliales modifiées, incapables de division. Elles sécrètent, c'est-à-dire élaborent des substances qui s'accumulent dans le cytoplasme sous forme de grains de sécrétion. Puis, elles excrètent, c'est-à-dire rejettent les produits ainsi élaborés. Les cellules sécrétrices puisent dans le sang arrivant par une artère glandulaire, les substances nécessaires à leur sécrétion qui est due généralement à un mécanisme nerveux. Cette activité sécrétrice est réglée par:

- des nerfs sécréteurs agissant sur les cellules sécrétrices déclenchant la sécrétion;
- des nerfs vasomoteurs dilatateurs augmentant le calibre de l'artère glandulaire;
- des nerfs vasomoteurs constricteurs en diminuant le calibre.

TISSU GLANDULAIRE OU GLANDES.-

Quand les cellules sécrétrices se réunissent, elles forment un tissu glandulaire ou glande. Celle-ci présente une invagination, c'est-à-dire un enfoncement de l'épithélium dans le tissu sous-jacent ou tissu conjonctif.

a) DIFFERENTES SORTES DE GLANDES.-

Certaines glandes peuvent rester en communication avec l'extérieur (surface interne du corps, cavités internes). Elles déversent leurs produits d'excrétion à l'extérieur par un canal excréteur: ce sont les glandes ouvertes, dites encore glandes à sécrétion externe ou exocrines; (glandes sudoripares, glandes salivaires). D'autres dépourvues de canal sécréteur déversent directement leurs produits dans le sang: ce sont des glandes à sécrétion interne, dites encore glandes closes ou endocrines (glandes thyroïde, hypophyse, les capsules surrénales). Leurs substances élaborées ou hormones sont déversées directement dans le sang.

Il y a aussi des glandes mixtes ou amphicrines c'est-à-Dire les glandes possèdent Les deux Sécrétions (Foi, le Pancréas, l'intestin)

b) DIFFERENTES FORMES DE GLANDES.-

on distingue:

Les glandes en tubes, simples ou composés qui sont formés de doigts de gants (Glandes de Lieberkunn de l'intestin, de la sueur, de l'estomac)

Les glandes en grappe ou acineuse qui sont terminées par des sacs ou acini (Glandes salivaires pancréas).

3°) TISSU CONJONCTIF:

C'est le tissu qui sert à relier les organes les uns aux autres à la paroi du corps et à les séparer. C'est un tissu d'emballage et de soutien. Il occupe les espaces laissés libres entre les divers organes, d'où son nom. Il double les épithéliums trop fragiles et dépourvus de sang. Il se compose:

de cellules conjonctives étoilées et fixées. Polyédrique Unies les uns aux autres par des fins prolongements cytoplasmiques.

d'une abondante substance interstitielle, non vivante, albuminoïde qui donne de la gélatine ou colle par ébullition à l'eau cette substance se présente sous la forme de fibres qui sont de deux sortes.

des fibres conjonctives très fines, mais réunies en faisceaux ondules qui ont l'aspect d'une mèche de cheveux.

des fibres élastiques isolées, ramifiées parfois enroulées et résistantes à l'ébullition. Les fibres élastiques assurent la souplesse et l'élasticité. Ces deux sortes de fibres sont soudées en un réseau. Dans les mailles de ce réseau se trouvent des globules blancs du sang ou leucocytes.

Le tissu conjonctif peut se présenter sous la forme de membrane qui renforce les épithéliums. Ainsi, le derme, tissu conjonctif, avec vaisseaux sanguins et terminaisons nerveuses, double intérieurement l'épiderme, donnant ainsi à la peau son épaisseur et sa résistance.

La peau comprend deux couches:

- L'une externe, l'épiderme qui est un épithélium stratifié
- L'autre interne, le derme qui est plus épais que l'épiderme

Le tissu conjonctif double les endothéliums des cavités internes participant ainsi à la constitution des muqueuses et des séreuses.

Une muqueuse est un épithélium à cellules sécrétrices de mucus qui maintient humide, double d'un tissu conjonctif lui fournissant du sang et lui donnant de la solidité

On peut citer:

Les muqueuses qui tapissent intérieurement le tube digestif et les voies respiratoires.

Une séreuse et une muqueuse qui enveloppe un organe.

On peut citer:

le péritoine dans l'abdomen, les plèvres autour des poumons, le péricarde autour du cœur.

Les séreuses se composent de deux feuillets

- l'un, interne s'applique étroitement aux deux viscères: Feuille viscéral
- l'autre, externe s'applique aux tissus des organes environnants: le feuillelet pariétal. Entre les deux feuillets existe un liquide au sérosité qui facilite les déplacements des organes

VARIETES DE TISSUS CONJONCTIFS:
Suivant le stade de développement ou suivant le rôle et la constitution du tissu, on distingue dans le tissu conjonctif les variétés suivantes:

LE TISSU CONJONCTIF FIBREUX-

Il est composé presque exclusivement de fibres conjonctives avec très peu de cellules. Il constitue les aponeuroses, les tendons des muscles appelés vulgairement « nerfs de la viande », les ligaments qui relient les muscles aux os possèdent très grande résistance.

LE TISSU CONJONCTIF ADIPEUX-

Le tissu conjonctif renferme souvent de grosses cellules bourrées de graisses : les unes dérivent des cellules conjonctives étoilées, les autres sont les cellules spéciales. Les gouttelettes de graisse envahissent peu à peu la cellule et finissent par se réunir en une grosse goutte de graisse, refoulant ainsi le noyau et le cytoplasme contre les parois de la cellule.
Le tissu adipeux forme le lard des porcins, des baleines, des phoques.

Les fonctions du tissu adipeux sont multiples:

- c'est un tissu de réserve de graisses.
- c'est une enveloppe mauvaise conductrice de la chaleur qui préserve certains animaux (baleines, phoques) du refroidissement.

TISSUS SPECIAUX-

a) **TISSU CARTILAGINEUX-**

Il est formé de grandes cellules arrondies ou chondroblastes, séparés les uns des autres par une substance interstitielle, élastique, homogène, transparente, c'est la substance cartilagineuse.

b) **TISSU OSSEUX-**

Dans ce tissu, les cellules étoilées ou ostéoblastes, sont séparées par une substance interstitielle blanche, riche en matières minérales, la substance osseuse.

c) **TISSU MUSCULAIRE-**

Il est formé de fibres musculaires contractiles (cellules allongées).

d) **TISSU SANGUIN-**

Dans ce tissu les cellules ou globules rouges (hématies) et globules blancs (leucocytes) nagent dans une substance interstitielle liquide ou plasma.

e) **TISSU NERVEUX-**

Il est formé de cellules ou neurones qui possèdent un long prolongement ou axone, conducteur de l'influx nerveux.

QUESTIONS

I. Compléter les phrases suivantes:

- 1.- Un ensemble de cellules semblablement différenciées, qui accomplissent une fonction déterminée est appelée le tissu.
- 2.- Le tissu protégeant la surface extérieure du corps et tapissant les cavités internes se nomme le tissu conjonctif.

CHAPITRE CINQUIEME

LES FONCTIONS DE RELATION

Les fonctions de relation mettent l'homme en relation avec le milieu extérieur. Elles sont assurées:

- 1°) par l'appareil locomoteur, formé de squelette et de muscles;
- 2°) par le système nerveux qui reçoit les impressions provenant du dehors et qui provoque les réactions correspondantes par l'intermédiaire des nerfs;
- 3°) par des organes des sens qui mettent l'homme en relation avec les agents extérieurs;

Le mouvement et la sensibilité sont deux principales fonctions de relation; c'est par elles, en effet, que l'homme est en relation avec le monde extérieur.

Le squelette et les muscles sont les organes essentiels du mouvement. Ils forment l'appareil moteur.

Le système nerveux et les organes des sens constituent les organes de la sensibilité. Ils forment l'appareil sensible.

LE SQUELETTE

Le squelette qui forme la charpente du corps est constitué par un ensemble de pièces dures appelées os. Les modes d'union de ces os sont réalisées par des articulations. Le corps humain compte 210 os (d'après certains auteurs et 208 d'après d'autres) répartis dans la tête, le tronc et les membres. Ils représentent environ $\frac{1}{6}$ du poids du corps.

LES OS

L'étude des os s'appelle ostéologie

A- FORME-

D'après leur forme, les os peuvent être classés en trois catégories:

- 1°) Les os longs qui ont une dimension principale. Exemple: le fémur (le plus long du squelette humain), l'humérus, le radius, le cubitus, le péroné, le tibia,

Un os long présente une partie médiane étroite et allongée, la diaphyse ou corps de l'os et deux extrémités renflées, les têtes de l'os ou épiphyses.

- 2°) Les os plats qui ont la forme de lame aplatie, généralement de faible épaisseur. Ils ont deux dimensions principales. Exemple: les os du crâne, l'omoplate, le sternum.

- 3°) Les os courts, aux trois dimensions à peu près égales. Exemple: les os du carpe, du tarse, la rotule, les vertèbres.

La surface de l'os est rarement lisse. Elle présente souvent des crêtes, des saillies appelées apophyses qui représentent les points d'attache des muscles et des ligaments.

B- STRUCTURE D'UN OS FRAIS.-

Sur un os long frais fendu longitudinalement, on distingue aisément les parties suivantes:

- 1°) le périoste
- 2°) le tissu osseux compact
- 3°) le tissu spongieux
- 4°) le tissu cartilagineux et les épiphyses
- 5°) la moelle dans le canal médullaire et dans les trous de l'os spongieux

1°) LE PÉRIOSTE.-

C'est une membrane conjonctive nourricière qui recouvre l'os. Il contient des vaisseaux sanguins et il adhère intimement aux tissus sous-jacents par des fibres (fibres de Sharpey).

Sa couche externe fibreuse est formée de fibres conjonctives avec quelques cellules, tandis que la couche interne riche en cellules contient dans la région profonde des cellules osseuses ou ostéoblastes interposées entre l'os et le périoste.

Le périoste joue un rôle dans la croissance de l'os en épaisseur.

2°) LE TISSU OSSEUX COMPACT.-

Si on regarde une coupe pratiquée au travers d'un tissu osseux d'un os long, on remarque qu'il est constitué de cellules osseuses ou ostéoblastes emprisonnées dans une substance interstitielle dure, riche en fibres conjonctives. Ce tissu est un tissu conjonctif dont la substance interstitielle s'est durcie par imprégnation de sels minéraux.

Les ostéoblastes ont une forme étoilée et leurs prolongements cytoplasmiques filamenteux et ramifiés s'anastomosent avec ceux des cellules voisines. La substance interstitielle forme des lamelles osseuses. La plupart de ces cellules ont des lamelles osseuses et sont disposées en couches concentriques autour de fins canaux de Havers, contenant les vaisseaux sanguins et les filets nerveux. Canaux, ostéoblastes et lamelles osseuses forment le système de Havers.

Les ostéoblastes produisent une substance interstitielle appelée substance des lamelles. Elles en ont puisé les matériaux dans le sang qui arrive par les canaux de HAVERS. Elles ne se divisent pas et mènent alors une vie ralentie.

3°) LE TISSU SPONGIEUX.-

Il est formé de fines cloisons osseuses limitant des cavités irrégulières remplies de moelle rouge.

4°) LE TISSU CARTILAGINEUX.-

Les épiphyses sont recouvertes aux surfaces d'articulation par du cartilage (cartilage articulaire), tissu blanc brillant, nacré, élastique. Il est formé de cellules arrondies ou chondroblastes, souvent groupées par deux ou plus et enveloppées par une capsule. Elles sont noyées dans une substance interstitielle, homogène, qu'elles ont produite. Cette substance translucide et vitreuse est formée de 2 à 3% de sels minéraux et d'une protéine qui, bouillie, se transforme en une sorte de gélatine, la chondrine.

5°) LA MOELLE OSSEUSE.-

C'est une substance molle, de couleur jaune dans le canal médullaire (cavité creusée dans la diaphyse des os longs). Cette moelle est grise chez les vieillards et rose chez les enfants.

- La moelle est composée de tissu conjonctif lâche dans les mailles duquel on trouve:
- des cellules adipeuses, rares dans l'os jeune, abondantes dans l'os adulte.
 - de nombreux capillaires sanguins.
 - des cellules ou érythroblastes qui, d'abord incolores, se chargent d'un pigment rouge, l'hémoglobine et deviennent les globules rouges du sang ou hématies. La moelle rouge, riche en érythroblastes produit donc les hématies.
 - Des globules blancs du sang ou leucocytes. Les uns ont un noyau en forme de chapelet, ce sont les myélocytes ou polynucléaires; d'autres, les lymphocytes ou mononucléaires ont un noyau arrondi.

La moelle a un rôle multiple:

- elle allège l'os; l'os creux est moins lourd, mais plus résistant;
- elle est une réserve de graisse;
- elle est un lieu de formation de globules rouges;
- elle joue un rôle dans la destruction de l'os.

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA SUBSTANCE OSSEUSE.-

La substance interstitielle est formée d'une matière organique azotée, l'osséine, imprégnée de sels minéraux. Ces sels se composent de:

phosphate de calcium	35%
carbonate de calcium	9%
fluorure de calcium	4%
phosphate de magnésium	2%

EXPERIENCE.-

Deux expériences simples mettent en évidence ces deux catégories de constituants:

- 1°) Si on laisse séjourner un os pendant quelques jours dans l'acide chlorhydrique étendu d'eau, l'os devient souple, flexible et élastique et perd les 2/3 de son poids. Les sels minéraux ont été dissous par l'acide et il ne reste que la matière vivante, une protéine l'osséine. L'action prolongée de l'eau bouillante transforme cette protéine en gélatine.
- 2°) Si on calcine un os frais, l'osséine brûle et il ne reste qu'une matière minérale blanche, très friable, représentant environ les 2/3 du poids total de l'os et formée essentiellement de sels minéraux.

Dans les 2 cas, l'os garde sa forme. Ce qui prouve que l'osséine et les sels minéraux sont intimement unis dans toutes les parties de la substance osseuse.

OSSIFICATION OU OSTEOGENESE.-

La formation des os correspond à une série de processus très complexes appelés ossification ou ostéogenèse.

Au début de leur formation, tous les os sont à l'état muqueux, c'est-à-dire, formés par des amas de cellules conjonctives. Leur développement se fait différemment selon leur situation ou leur forme.

- Les uns proviennent de l'ossification directe des cellules conjonctives. Tels sont les os plats de la voûte crânienne, ceux de la face, la diaphyse de la clavicule. On les appelle les os de membrane. Les os de la voûte crânienne d'un nouveau-né ne sont pas encore formés; il reste encore des régions non ossifiées appelées fontanelles.

Les autres passent successivement par l'état cartilagineux, puis par l'état osseux. Les cellules conjonctives se transforment d'abord en cellules cartilagineuses avant de se multiplier pour former un modèle cartilagineux de l'os. Ce sont les os de cartilage. La plupart des os du squelette se forme de cette manière.

OSSIFICATION DE L'ÉPIPHYSE.-

L'ossification des épiphyses se fait de la même manière. Dans chaque épiphyse apparaît un nouveau centre d'ossification. Ces zones s'agrandissent peu à peu, puis le cartilage se trouve détruit progressivement et remplacé par de l'os spongieux. Mais l'ossification s'arrête de manière à laisser subsister que le cartilage articulaire, d'une part et d'autre part, une mince lame qui sépare l'épiphyse de la diaphyse et qu'on appelle cartilage de conjugaison ou de croissance.

LA CROISSANCE DE L'OS.-

La formation de l'os est suivie de sa croissance. L'os ne remplace pas brusquement le cartilage, sa croissance se fait par des procédés spéciaux.

Pendant toute la durée de l'ostéogénèse, l'accroissement de l'os était assuré par une prolifération de cellules cartilagineuses; mais la formation une fois achevée, un dispositif spécial va assurer sa croissance en longueur jusqu'à un certain âge. La croissance en épaisseur se fera toujours par le périoste.

1°) CROISSANCE DE L'OS EN LONGUEUR.-

Le tissu osseux cesse de s'accroître lorsqu'il est complètement formé. Pour s'allonger, les os longs possèdent entre la diaphyse et les épiphyses une mince zone cartilagineuse de 1 à 1,5 mm d'épaisseur appelée cartilage d'accroissement ou de conjugaison. Les cartilages de conjugaison sont le siège de 2 phénomènes simultanés sur une face diaphysaire, le cartilage est sans cesse rongé et remplacé par de nouvelles couches de tissu osseux; du côté des épiphyses, les cartilages s'accroissent par multiplication des cellules cartilagineuses. Il y a donc simultanément formation d'éléments nouveaux du cartilage et disparition du cartilage ancien au profit de l'ossification.

EXPERIENCE.-

Pour étudier la croissance en longueur d'un os, on a réalisé l'expérience suivante:

On fixe sur un os long d'un jeune animal (animal en voie de croissance), quatre clous d'argent A, B, C, D de part et d'autre des cartilages de conjugaison. Quelques mois plus tard, on observe la position des clous. On constate que seuls les segments AB et CD sont allongés et ce, du côté diaphysaire, puisque les clous A et D sont à même distance du sommet des épiphyses (la distance BC est restée la même).

La croissance en longueur est donc diaphysaire. Elle est due à l'activité du cartilage de conjugaison. Les cellules cartilagineuses se divisent et le cartilage formé est régulièrement détruit du côté diaphysaire pour être remplacé par du tissu osseux. Les cartilages de conjugaison restent interposés entre épiphyse et diaphyse. Tant qu'ils subsistent, il y a croissance en longueur. Ils disparaissent vers 18 - 25 ans; la croissance en longueur est terminée.

2°) CROISSANCE DE L'OS EN ÉPAISSEUR.-

L'augmentation en diamètre de l'os long se fait par le périoste, cette membrane conjonctive qui entoure la diaphyse de l'os. C'est à son pouvoir d'ostéogénèse qu'est due la majeure partie de la diaphyse. L'activité du périoste est donc très grande.

EXPERIENCE.-

Plusieurs expériences confirment ce fait:

1°) En 1740, Duhamel de MONTEREAU avait remarqué que lorsqu'il mélangeait de la garance aux aliments de jeunes animaux, leurs os étaient colorés en rouge. Il a conclu que le périoste était le

tissu formateur de l'os. Il a fait alterner un régime garancé avec l'alimentation normale, l'os présentait dans ce cas des couches successivement colorées et non colorées.

2°) On peut citer également l'expérience de FLOURENS. Il introduit sous le périoste d'un jeune animal une aiguille de platine. La plaie se ferme au bout de quelque temps. Plus tard en sacrifiant l'animal, cette aiguille est retrouvée profondément dans l'os, et même à l'intérieur du canal médullaire. La croissance en épaisseur est bien due à l'ossification périostique.

C'est grâce à l'activité du périoste que les parties d'un os fracturé se ressoudent. En chirurgie, on pratique des greffes osseuses en transplantant un lambeau de périoste aux points où l'on veut combler une perte de substances osseuse.

■ FACTEURS DE L'OSTEOGENESE.-

L'édification d'un os est le résultat des facteurs chimiques, mécaniques et hormonaux assez complexes.

■ FACTEUR CHIMIQUES.-

On peut distinguer des facteurs chimiques internes et externes.

1°) FACTEURS EXTERNES.-

Ce sont essentiellement des facteurs alimentaires.

La croissance et l'ossification du squelette dépendent:

- de l'apport des matériaux Ca^{2+} , Mg^{2+} avec les anions PO_4^{3-} , CO_3^{2-} et F
- d'un rapport suffisant de Ca qui doit être égal à 1,5 pour le nourrisson, 0,7 pour l'adulte. Toute modification dans ce rapport entraîne le rachitisme alimentaire.
- La présence de certaines vitamines, surtout la vitamine D, appelée vitamine antirachitique et dont le rapport est 0,01 mg par jour pour l'adulte. Cette vitamine règle les dépôts calciques en assurant le rapport $\frac{Ca}{P}$.

La lumière solaire directe et particulièrement les rayons ultra-violetts agissent sur les stéroïdes cutanés et engendrent la vitamine D.

- D'autres vitamines sont aussi efficaces, la vitamine A permet un développement complet du squelette, c'est la vitamine de croissance.

La vitamine C intervient dans la formation des ostéoblastes.

2°) FACTEURS INTERNES: LES HORMONES.-

La plus importante de ces hormones semble être l'hormone parathyroïdienne qui règle, elle aussi l'équilibre $\frac{Ca}{P}$. Dans certains cas de maladie osseuse, ou de tumeur, il y a

hyperfonctionnement de la parathyroïde qui entraîne une déminéralisation intense du squelette, les ions Ca^{2+} passent dans le sang, il en résulte une augmentation du taux de calcium. Les os deviennent fragiles, se déforment et se cassent spontanément; le tissu osseux est remplacé par du tissu fibreux, en même temps le taux de PO_4^{3-} s'abaisse.

Dans le cas d'hyperfonctionnement de la parathyroïde, on constate une élimination du taux de Ca sanguin et une augmentation de taux de PO_4^{3-} qui passe dans le sang.

Alors que la vitamine D est un facteur de fixation du calcium dans l'os, l'hormone parathyroïdienne au contraire mobilise le calcium osseux vers le sang.

DESCRIPTION DU SQUELETTE

Le squelette présente une symétrie bilatérale, on y distingue 3 régions :

A.- La tête

B.- La tronc

C.- Les membranes

A.- LE TRONC .-

Dans le tronc on distingue :

1.- La colonne vertébrale

2.- La cage thoracique

LA COLONNE VERTEBRALE.-

C'est la clé du voûte du corps. Elle constitue en quelque sorte l'axe du corps. Elle est formée d'un ensemble de 33 petits os empilés les uns sur les autres : ce sont les vertèbres

a) UNE VERTEBRE.-

Une vertèbre se compose d'une partie centrale massive, le corps, en arrière, d'un anneau osseux qui forme l'arc neural limitant un orifice, le trou vertébral. La superposition des trous vertébraux forme le canal vertébral ou canal rachidien dans lequel se trouve la moelle épinière. L'arc neural porte diverses apophyses.

- L'apophyse épineuse en arrière; l'ensemble de ces apophyses forme ce qu'on appelle l'épine dorsale ou échine.
- Les apophyses transverses ou latérales. Sur ces apophyses s'articulent partiellement des côtes.
- Quatre apophyses articulaires : deux à la face supérieure, deux à la face inférieure.

b) ARTICULATION DES VERTEBRES.-

En s'articulant, deux vertèbres laissent entre elles un espace par lequel s'échappe un nerf rachidien. C'est le trou de conjugaison.

LES DIFFERENTES REGIONS DE LA COLONNE VERTEBRALE.-

On distingue cinq régions dans la colonne vertébrale :

1) REGION CERVICALE.-

Cette région comprend sept vertèbres qui occupent la région du cou. Les vertèbres cervicales ont un petit corps, leurs apophyses épineuses sont bifurquées et leurs apophyses transverses sont percées d'un trou pour laisser passer l'artère vertébrale.

La première cervicale est l'atlas, formé d'un simple anneau presque circulaire, portant deux facettes articulaires sur lesquelles reposent les condyles de l'os occipital du crâne. La deuxième cervicale est l'axis qui porte un prolongement vertical bien saillant, l'apophyse odontoïde qui pénètre la cavité de l'atlas où elle s'encastre solidement et elle sert d'axe de rotation à la tête qui, dans son mouvement de droite à gauche et vice versa, entraîne avec elle l'atlas. (mouvement que l'on fait pour dire "non").

2°) REGION DORSALE.

Elle comprend douze vertèbres; elles occupent la région du dos. Leurs apophyses sont obliques de haut en bas et empêchent le corps de s'infléchir en arrière. Chaque vertèbre dorsale porte une paire de côtes bien développées formant la cage thoracique.

3°) REGION LOMBAIRE.

Elle est avec la région cervicale la partie la plus mobile de la colonne vertébrale. Elle comprend cinq vertèbres, les plus grosses de la colonne vertébrale. Ces vertèbres occupent la région des reins. Leurs apophyses épineuses sont courtes et horizontales, mais leurs apophyses transverses sont longues.

4°) REGION SACREE.

Elle comprend cinq vertèbres (vertèbres sacrées). Distinctes encore chez l'enfant, elles sont soudées chez l'adulte en un seul os volumineux, le sacrum, de forme triangulaire. Cet os présente sur sa région dorsale entre les vertèbres soudées quatre paires d'orifices par lesquels sortent les nerfs rachidiens qui forment la « Queue de cheval ». Le sacrum s'articule aux os iliaques pour former avec eux le bassin dont il assure la solidité.

5°) REGION COCCYGIENNE.

Chez certains mammifères, ces vertèbres atrophiées chez l'homme, sont nombreuses et forment la queue.

La colonne vertébrale présente dans son ensemble une double courbure en S (convexité dorsale dans la région thoracique et concavité dorsale dans la région lombaire) qui assure la station verticale.

2.- LA CAGE THORACIQUE.

Elle est formée par la colonne vertébrale en arrière, le sternum en avant, les côtes sur les côtés.

1°) LE STERNUM.

C'est un os plat médian situé en avant de la poitrine et terminé à sa partie inférieure par une pointe, l'appendice xiphoïde. La partie supérieure s'articule avec les clavicules.

2°) LES COTES.

Ce sont des os plats courbés, s'articulant en arrière sur les apophyses transverses et sur le corps des vertèbres dorsales. Il y a douze paires de côtes ainsi réparties:

- a) Les sept premières paires, les vraies côtes, les côtes supérieures sont reliées en avant par un cartilage particulier (cartilage costal au sternum).
- b) Les trois paires suivantes, les fausses côtes ne sont reliées que par l'intermédiaire d'un cartilage unique, le cartilage de la 7^e côte.
- c) Les deux dernières paires, les côtes flottantes, très courtes, libres à leur extrémité (elles ne rejoignent pas le sternum).

L'ensemble d'une vertèbre dorsale, d'une paire de côtes, du sternum et des cartilages forme ce qu'on appelle un segment vertébral ou thoracique.

B.- LA TETE.

Elle comprend deux parties:

- 1.- Le crâne
- 2.- La face

1.- LE CRANE.-

Le crâne, boîte osseuse renfermant l'encéphale (cerveau, cervelet, bulbe, etc.) est constitué de huit os, quatre impairs et ~~(quatre)~~ quatre pairs, solidement engrenés les uns aux autres par des articulations fixes.

LES OS IMPAIRS.-

Ces os impairs sont:

a) L'OCCIPITAL.-

Il est placé en arrière et percé d'une large orifice, le trou occipital pour le passage de la moelle épinière. De chaque côté du trou existent deux saillies ou condylés occipitaux par lesquels la tête repose sur l'Atlas.

b) LE SPHENOÏDE.-

Il est placé au centre de la base du crâne et en constitue la clé de voûte. Il est en rapport avec tous les os du crâne et sa forme rappelle celle d'une chauve-souris. Il est formé d'une partie centrale: le corps portant à la partie supérieure deux grandes et deux petites ailes et à la partie inférieure deux prolongements appelés apophyses ptérygoïdes sur lesquelles s'attachent les muscles qui produisent les mouvements de latéralité de la mâchoire inférieure. La face supérieure présente une dépression: la selle turcique dans laquelle vient se loger l'hypophyse ou glande pituitaire.

c) L'ETHMOÏDE.-

Il est encastré entre le frontal et le sphénoïde (dans la région du nez). Il présente sur sa face supérieure une crête saillante de chaque côté de laquelle se trouve une lame criblée horizontale par où passent les nerfs olfactifs. Au-dessous de la lame criblée existe une lame osseuse verticale terminée par l'apophyse cristagalli (crête de coq) et qui contribue à former la cloison séparant les deux fosses nasales.

De chaque côté se trouvent deux masses latérales crouées de cavités et portant chacune en dedans deux lames repliées en cornets: les cornets supérieur et moyen du nez.

d) LE FRONTAL.-

Il forme le front, la base du nez, en avant de l'ethmoïde et la partie supérieure des orbites (arcades sourcilières).

LES OS PAIRS.-

a) LES TEMPORAUX.-

Sur les côtés et en haut, le crâne est limité par les temporaux. Le temporal présente une partie amincie, l'écaille, une partie renflée contenant l'oreille interne, c'est le rocher et l'apophyse mastoïde, volumineuse saillie située derrière l'oreille: A sa partie inférieure se trouve la cavité sous laquelle s'articule le maxillaire inférieur.

b) LES PARIETAUX.-

Ils ont pour fonction de former vers le haut la boîte crânienne.

2.- LA FACE.-

Elle compte quatorze os dont treize sont soudés entre eux et aux os du crâne; et un seul os mobile, le maxillaire inférieur articulé au temporal.

Les treize os soudés au crâne sont:

- a) Les deux maxillaires supérieurs qui portent les dents, forment une partie de la voûte du palais: Ils sont articulés sur l'ethmoïde du côté interne. Ils sont percés de deux trous, les conduits lacrymaux, par où les larmes s'écoulent dans les fosses nasales.

- b) Les os palatins en arrière des maxillaires qui terminent la voûte palatine.
- c) Les deux cornets inférieurs qui forment le squelette des fosses nasales.
- d) Un seul os impair, le vomer qui sépare les deux fosses nasales et prolonge vers le bas la lame perpendiculaire de l'éthmoïde.

Le larynx, organe de la voix suspendu à un os en fer à cheval, l'os hyoïde, est situé à base du cou, au dessous de la base de la langue et relie aux deux temporaux par un ligament.

C.- LES MEMBRES.-

Ils sont au nombre de deux paires: les membres supérieurs et les membres inférieurs. Ces membres sont rattachés au tronc par l'intermédiaire de ceintures: la ceinture scapulaire (épaule) et la ceinture pelvienne (bassin).

MEMBRES SUPERIEURS.-

Le membre supérieur couramment appelé bras comprend: l'épaule, le bras, l'avant-bras, et la main.

1°) L'EPAULE.-

Elle est formée par la réunion de deux os:

En avant, la clavicule, os courbé qui a la forme d'une S étirée.

En arrière, se trouve un os plat, de forme triangulaire, appelé omoplate. Sa face antérieure est appliquée contre les côtes, sa face postérieure porte une saillie: l'épine de l'omoplate qui s'allonge vers l'extérieur et s'aplatit pour former l'acromion qui s'articule avec la clavicule.

Vers l'avant, l'omoplate porte une saillie plus petite, l'apophyse coracoïde (en bec de corbeau) qui sert d'insertion à l'un des tendons du muscle biceps. Elle porte également une cavité, la cavité glénoïde ou s'articule la tête de l'humérus.

2°) LE BRAS.-

Il est formé par l'humérus qui s'articule à l'omoplate dans la cavité glénoïde. L'humérus est terminé à sa partie supérieure par la tête humérale; à sa partie inférieure, il s'élargit en une facette articulaire double (une poulie) la trochlée pour le crochet du cubitus. On y remarque aussi le condyle qui s'articule avec la tête du radius.

Au-dessus de la trochlée se trouve la cavité oléocrânienne à la face postérieure de l'os. Sa diaphyse présente sur sa face postérieure une gouttière, dite à tort, gouttière de torsion. Elle n'est en effet que l'empreinte commune pour le passage du nerf radial et de l'artère humérale profonde.

3°) L'AVANT-BRAS.-

Il est formé de deux os:

a) Le cubitus.-

Le Cubitus s'articule avec l'humérus; il présente à sa partie supérieure une saillie, l'olécrâne, qui forme le coude et qui, pénétrant dans la cavité de l'humérus (cavité oléocrânienne) limite les mouvements de l'avant-bras en arrière. Le cubitus se termine vers le poignet par l'apophyse styloïde qui se trouve dans le prolongement du petit doigt.

b) Le radius.-

Il porte en dehors une tête cylindrique qui permet de grands mouvements de rotation. Son extrémité inférieure s'articule sur les os du poignet. La rotation de la main s'opère donc par celle du radius qui tourne et se met en croix avec le cubitus. La main tourne autour de l'extrémité du cubitus et elle peut prendre par rotation les positions de pronation (pouce en dedans) et de supination (pouce en dehors).

4°) La Main.-

Le squelette de la main comprend trois parties:
le poignet ou carpe, la paume et les doigts.

a) Le poignet ou carpe.-

Le carpe est formé de huit os disposés en deux rangées de quatre.

• La rangée supérieure comprend de dehors en dedans:

le scaphoïde du carpe (le plus gros des os de la rangée supérieure), le semi-lunaire, le pyramide et le pisiforme (le plus petit des os du carpe, os de membrane du côté externe de la main).

• La rangée inférieure comprend de dehors en dedans:

le trapèze, le trapézoïde, le grand os (plus gros des os du carpe) et l'os crochu.

b) La paume de la main.-

Elle comprend cinq os disposés presque parallèlement: c'est le métacarpe formé par cinq métacarpiens.

c) Les doigts.-

Au nombre de cinq, ils sont formés chacun de trois os à l'exception du pouce qui n'en a que deux. Les os du doigt portent le nom de phalange, phalangine, phalangette. La phalangine manque au pouce. Le pouce, y compris le métacarpe qui lui correspond est muni de muscles qui lui permettent de s'opposer aux autres doigts (préhension des objets).

C'est cette disposition particulière à l'homme et au singe qui différencie la main de la patte des animaux et même aux pieds humains.

MEMBRES INFÉRIEURS.-

LA HANCHE.-

Elle est formée par un os volumineux, résultat de la soudure de trois os: l'ilion en haut, son bord supérieur très épais s'appelle crête iliaque, l'ischion en bas, sur lequel on s'assied, le pubis en avant.

Vers la base on voit un large orifice ovalaire, le trou obturateur ou trou ischio-pubien dans lequel passent les vaisseaux sanguins et un nerf. Les trois os laissant à leur point de jonction une cavité demi sphérique, la cavité cotyloïde dans laquelle vient s'articuler la tête du fémur.

Les os iliaques sont soudés au sacrum par les ilions. Les pubis sont réunis en avant par un disque fibro-cartilagineux, c'est la symphyse pubienne. L'ensemble des os iliaques et du sacrum constitue le bassin ou ceinture pelvienne.

Le membre inférieur proprement dit comprend:

1°) La cuisse

2°) La jambe

3°) Le pied

1°) LA CUISSE.-

Elle est formée par le fémur qui est l'os le plus long du corps. Le fémur possède à son extrémité supérieure une tête sphérique volumineuse qui s'articule à la hanche et se rattache au reste de l'os par une petite rétrécie appelée col. Au-dessus du col, le fémur porte une saillie appelée grand trochanter et une autre moins importante au dessous, le petit trochanter sur lesquels porte une base élargie (forme d'une poulie) les condyles interne et externe qui assurent l'articulation avec le tibia.

2) LA JAMBE.-

Elle comprend deux os étroitement jumelés:

a) Le tibia.-

Le tibia est situé en dedans et est de forme triangulaire. Il est puissant et présente un large plateau sur lequel vient rouler la surface articulaire du fémur. Son extrémité inférieure repose sur l'astragale et se termine par une pointe appelée malléole interne qui forme la cheville interne du pied. Entre le tibia et le fémur, en avant, se trouve un petit os de membrane: la rotule, de forme à peu près circulaire. La rotule empêche la flexion en avant de la jambe et joue pour cette dernière le même rôle que l'olécrane pour le bras.

b) Le péroné.-

Cet os long et grêle, est situé en dehors du tibia, dont il est séparé par un espace interosseux. Le péroné forme la malléole externe ou cheville externe.

3) LE PIED.-

Le squelette du pied comprend trois parties:

Le cou de pied ou tarse, la plante du pied ou métatarse et les doigts ou orteils.

a) Le cou de pied ou tarse.-

Le tarse comprend sept os dont l'un, l'astragale ou tibial s'articule avec le tibia et supporte le poids du corps, et dont un os volumineux, le calcaneum ou péronéal forme le talon. Les cinq autres: l'os naviculaire (ou scaphoïde du tarse), le cuboïde et les trois cunéiformes (médian, intermédiaire et latéral).

b) La plante du pied ou métatarse.-

Le métatarse est formé de cinq os disposés parallèlement appelés métatarsiens. Le premier métatarsien en est le plus court et le plus épais des cinq métatarsiens. Le métatarse est la partie du pied située entre le tarse (cheville) et les orteils.

c) Les doigts ou orteils.-

Ils ont chacun une phalange, une phalangine, une phalangette, sauf le gros orteil qui comme le pouce n'en comporte que deux.

COMPARAISON DES DEUX MEMBRES.-

Les membres supérieurs et inférieurs sont construits sur le même plan. L'étude de l'anatomie comparée renforce cette conviction. Les membres sont donc des organes homologues, c'est-à-dire de même organisation générale et adaptés ensuite à des fins différentes.

Le tableau suivant résume des homologies:

(1) Ceinture scapulaire (épaule)	a) Omoplate avec apophyse coracoïde b) Clavicule	1) Ceinture pelvienne	a) Ilion b) Ischion c) Pubis
(2) Bras	Humérus a) Radius b) Cubitus	2) Cuisse	a) Fémur Tibia b) Péroné
(3) Avant-Bras	a) Poignet: Carpe (8 carpiens) b) Paume: Métacarpe (5 métacarpiens)	3) Jambe	a) Cou de pied: Tarse (7 tarsiens) b) Plantes: Métatarses (5 métatarsiens)
(4) Main	c) Doigts: 2 ou 3 phalanges	4) Pied	c) Doigts ou orteils 2 ou 3 phalanges

La flexion de l'avant-bras sur le bras se fait en avant et celle de la jambe sur la cuisse se fait en arrière.

Le radius tourne autour du cubitus tandis que le tibia ne tourne pas autour du péroné, relativement réduit. Le pied fait un angle droit avec la jambe (démarche plantigrade), alors que la main suit le prolongement de l'avant-bras. Grâce à de nombreuses articulations, la main est très mobile et de plus le pouce est opposable aux autres doigts.

LES ARTICULATIONS.-

Elles constituent les modes d'union des os.

On en distingue trois types:

- 1°) Les articulations immobiles ou sutures ou **synarthroses**
- 2°) Les articulations semi-mobiles ou **symphyse** ou **amphiarthroses**

3.- Les articulations mobiles ou diarthroses

1.- ARTICULATIONS IMMOBILES:

Si les os sont soudés et engrenés solidement les uns dans les autres, on a une suture dentée; si les surfaces osseuses de contact sont taillées en biseau pour qu'elles soient plus grandes, on a une suture écailleuse: suture du temporal et du pariétal.

2.- ARTICULATIONS SEMI-MOBILES.-

Les surfaces osseuses sont réunies par des ligaments dont l'élasticité permet un léger déplacement des os. C'est le cas de la symphyse pubienne et celui de la colonne vertébrale où la présence des disques, de fibro-cartilages élastiques (disques intervertébraux) permet pourtant une certaine souplesse des mouvements. Chez les vieillards, ces disques se tassent et perdent leur élasticité, d'où une diminution dans la taille, de la souplesse des mouvements.

3.- ARTICULATIONS MOBILES.-

Elles sont les plus variées et les plus nombreuses. Elle permettent les mouvements variés et étendus (coude, genoux, hanche).

Dans les articulations mobiles, les os sont rattachés les uns aux autres par des ligaments de tissus conjonctifs et fibreux, formant une sorte de manche résistant: la capsule articulaire. Les surfaces articulaires sont maintenues en contact non seulement par les ligaments et les muscles, mais encore par la pression atmosphérique. L'un des os creusé d'une cavité dans laquelle pénètre un renflement de l'autre. Tête et cavité sont recouvertes d'un cartilage (cartilage articulaire) à surface libre destiné à amortir les chocs.

- c) Les deux cartilages sont lubrifiés par un liquide visqueux, huileux, la synovie, sécrétée par une membrane séreuse, la synoviale, épithélium jouant le même rôle que l'huile dans les rouages d'une machine.

ACCIDENTS DES ARTICULATIONS.-

Sous l'effet d'une forte traction (faux mouvements) les ligaments se distendent et quelque fois se déchirent. Si les os sont restés dans leur position normale, il y a seulement entorse. Si l'un d'eux est sorti de son articulation, il y a déboîtement ou luxation.

Dans l'un et l'autre cas, il peut y avoir épanchement de synovie. Il peut y avoir aussi:

- a) la synovite dans laquelle le liquide synovial est en trop grande quantité.
- b) l'ankylose dans laquelle les os en contact se sont soudés.

Parmi les autres maladies du squelette on peut citer:
l'ostéomalacie, l'ostéoporose, l'ostéomyélite.

OSTEOMALACIE.-

L'ostéomalacie est une affection caractérisée par un ramollissement général des os (démminération des os) et due soit à une carence en calcium et en phosphore, soit à une carence en vitamine D.

OSTEOPOROSE.-

L'ostéoporose est la raréfaction pathologique du tissu osseux (atrophie), qui entraîne une porosité importante du squelette. Elle se produit souvent chez les personnes âgées.

OSTEOMYELITE.-

L'ostéomyélite est une inflammation simultanée de l'os et de la moelle osseuse aiguë ou chronique due à une infection bactérienne et observée le plus souvent chez l'adolescent.

QUESTIONS

1. Compléter les phrases suivantes:

- 1.- Le processus de formation et de croissance de l'os s'appelle
- Le squelette et les muscles qui sont les organes essentiels du mouvement forment.....
- 2.- Le squelette formant la charpente du corps est constitué par un ensemble de pièces dures appelées
- 3.- Un os long présente une partie médiane et allongée, nommée
et deux extrémités renflées appelées
- 4.- La membrane conjonctive nourricière qui recouvre s'appelle
- 5.- Les os croissent en diamètre, en épaisseur grâce à l'activité
- 6.- La croissance en longueur des os est due à la présence
- 7.- La couche interne du périoste, riche en cellules contient dans la région profonde, des cellules osseuses appelées
- 8.- Canaux, ostéoblastes et lamelles osseuses forment
- 9.- Les ostéoblastes produisent un substance interstitielle appelée
- 10.- Les épiphyses sont recouvertes aux surfaces d'articulation par du cartilage nommé
- 11.- Le cartilage est formé de cellules arrondies, souvent groupées par deux ou plus, appelées
- 12.- La formation des os correspond à une série de processus très complexes nommés
- 13.- Les régions non ossifiées de la voûte crânienne s'appellent
- 14.- La mince zone cartilagineuse que possèdent les os longs entre la diaphyse et les épiphyses porte le nom de

CHAPITRE SEPTIEME

LE SYSTEME MUSCULAIRE

L'étude des muscles s'appelle myologie.

Les muscles sont les organes actifs du mouvement et des attitudes. Ils constituent la chair (viande en boucherie) et représentent près des $\frac{2}{3}$ de la masse du corps. Leur nombre est de 450 environ.

Beaucoup de muscles s'insèrent sur les os (muscles des membres, de la cage thoracique, des mâchoires). D'autres prennent appui sur la peau (muscles peauciers du visage). Certains se ferment sur eux-mêmes (orbiculaires des paupières, des lèvres). Les organes internes (tube digestif, vessie, artère et veines) ont une paroi musculaire.

I.- ETUDES ANATOMIQUES.-

A.- SORTES DES MUSCLES

Chez l'homme, on distingue 3 sortes de muscles:

- 1.- Les muscles rouges ou striés qui obéissent à l'action de la volonté (muscles volontaires) et assurent les mouvements du corps: ce sont les muscles de la vie de la relation. Tels sont les muscles du squelette et les muscles peauciers. Ils ont une contraction rapide et sont innervés par le système nerveux cérébro-spinal (encéphale, moelle épinière).
- 2.- Les muscles blancs ou lisses qui agissent indépendamment de la volonté (muscles involontaires). Ce sont les muscles de la vie végétative. Tels sont les muscles des parois de l'estomac, des viscères (vessie), à l'exception du cœur. Ils ont une contraction lente et sont innervés par le système nerveux sympathique et parasympathique.
- 3.- Le muscle cardiaque, rouge strié, mais involontaire.

B.- FORME DES MUSCLES

1.- MUSCLES STRIES.-

Les muscles striés ou muscles rouges forment la grande masse de la chair. Comme le sang, ils doivent leur couleur à la présence de l'hémoglobine.

D'après leur forme, on distingue:

- a) Les muscles longs ou fusiformes: Ils ont généralement la forme d'un fuseau. Ils sont formés d'une partie renflée: le ventre, terminé par deux extrémités blanches, rétrécies, les tendons constitués de fibres élastiques solides (Ex: le biceps). Les tendons s'insèrent sur les os dont les mouvements sont commandés par le muscle.
- b) Les muscles larges ou en éventail, formés d'éléments étalés en éventail. Tels sont les pectoraux, le grand trapèze, le temporal, etc.
- c) Les muscles larges et plats comme le diaphragme, situé entre le thorax et l'abdomen. Ces deux sortes de muscles s'insèrent sur les os par des lames nacrées,

tendineuses appelées aponévroses et constituées comme les tendons par des fibres élastiques. Exemple: le grand-oblique et le grand droit de l'abdomen.

d) Les muscles circulaires et orbiculaires comme celui des lèvres et des paupières.

e) Les muscles circulaires ou sphincters dont la contraction est l'état normal. Ils servent de bourrelets obturateurs et ne s'ouvrent que sous l'effet d'une pression étrangère. Tels sont les sphincters du pylore qui s'ouvrent sous la poussée des aliments contenus dans l'estomac et celui de l'anus.

C.- STRUCTURE DES MUSCLES.-

Une coupe transversale dans le ventre d'un muscle en fuseau montre autour de celui-ci une enveloppe conjonctive très résistante, parcourue par des nerfs et des vaisseaux sanguins: c'est le périnysium. Il envoie des cloisons à travers la masse. Celle-ci est ainsi divisée en compartiments: chambre et loges musculaires renfermant des fibres musculaires striées. Ainsi, les muscles striés se composent surtout des faisceaux de fibres musculaires réunies sous une enveloppe conjonctive commune. En gélifiant celle-ci par l'eau bouillante, on peut dissocier ces faisceaux, c'est ce que l'on observe facilement sur un morceau de viande bouillie.

a) Les fibres musculaires striées: La fibre musculaire rouge striée est une cellule géante. Elle est entourée d'une fine membrane élastique, le sarcolemme et renferme plusieurs noyaux. Son protoplasme granuleux ou sarcoplasme contient de nombreuses mitochondries et des enclaves diverses (granulations grasses, glycogène, pigment).

b) Les fibrilles musculaires: elles sont formées de 6 à 8 faisceaux appelés colonettes musculaires. Chaque fibrille est formée d'une succession de disques clairs alternant régulièrement. Les disques clairs sont traversés par une cloison très mince (strie amict) qui, reliant toutes les fibrilles, se rattache au sarcolemme.

Ainsi, dans les fibrilles voisines, les disques clairs et les disques sombres se trouvent alignés au même niveau. Cela donne à la fibre un aspect strié bien visible au microscope, d'où leur nom de muscles striés. Les disques sombres sont contractiles tandis que les disques clairs sont élastiques.

c) Les éléments nerveux du muscle

Les muscles renferment des terminaisons nerveuses et sensibles. Les fibres des nerfs moteurs se terminent par des formations spéciales appelées plaques motrices. La gaine de la fibre nerveuse ou gaine de Schwann se raccorde au sarcolemme, tandis que la myéline (graisse phosphorée) entourant la fibre disparaît.

2.- MUSCLES LISSES

Les muscles lisses (parois du tube digestif, de la vessie, des artères, etc.), sont également formés de fibres, mais celles-ci peuvent être isolées ou bien réunies en faisceaux plus ou moins lâches ou serrés. La fibre musculaire lisse est une cellule moins allongée que la fibre musculaire striée; elle est également beaucoup moins différente.

3.- MUSCLE CARDIAQUE (MYOCARDE)

Le tissu musculaire cardiaque est formé de fibres cardiaques, striées et rouges. Ces fibres, riches en sarcoplasme sont ramifiées et soudées entre elles en un réseau.

II.- PHYSIOLOGIE DES MUSCLES — PROPRIÉTÉS DES MUSCLES

Les propriétés essentielles des muscles sont l'élasticité, l'excitabilité, la contractilité et la tonicité (tonus musculaire).

1) ELASTICITE.-

L'élasticité est cette propriété qui permet au muscle de se déformer sous l'influence d'une force extérieure, puis de reprendre exactement sa forme primitive quand cette force cesse d'agir. Cette élasticité est faible parce que le muscle ne reprend sa forme que lentement, surtout après plusieurs contractions très rapprochées.

L'élasticité est une propriété importante, on peut facilement la mesurer sur le muscle gastrocnémien de la grenouille. Si on attache à ce muscle fixé à l'une de ses extrémités, des poids de plus en plus forts, il s'allonge d'abord rapidement avec la force qui s'élève; puis l'allongement devient de plus en plus faible, car il ne croît pas proportionnellement à la force agissante.

- Si le poids n'est pas trop élevé, le muscle s'allonge, puis reprend sa longueur primitive, quand on l'abandonne à lui-même. Mais, si le muscle est soumis à une force de traction trop grande, il ne retrouve plus sa longueur initiale, il reste déformé. La limite d'élasticité est donc atteinte.
- La limite d'élasticité d'un muscle définit aussi sa résistance. Elle est environ de 60 g. pour le muscle gastrocnémien de la grenouille. L'élasticité et l'extensibilité musculaire sont des propriétés importantes, elles jouent un rôle dans les mouvements souples en régularisant les contractions musculaires et en empêchant la brusquerie des mouvements. L'élasticité musculaire est attribuée aux disques clairs. L'examen microscopique d'un muscle strié montre que dans une fibrille en extension, ce sont les disques clairs qui s'allongent.

2) EXCITABILITE.-

L'excitabilité est une propriété très développée dans le tissu musculaire. La cellule musculaire excitée réagit par une contraction, elle se raccourcit en se gonflant sans toutefois changer de volume. Cette propriété est celle du cytoplasme, elle caractérise la cellule vivante.

EXCITANTS DU MUSCLE.-

Tous les facteurs susceptibles de déclencher la contraction musculaire sont appelés des excitants ou stimuli. On distingue plusieurs catégories d'excitants: des excitants naturels et des excitants artificiels.

a) EXCITANTS NATURELS OU EXCITANTS PHYSIOLOGIQUES.-

Ils proviennent du centre nerveux. L'excitant physiologique normal est l'état d'excitation qui lui est transmis par un nerf moteur et qu'on appelle «influx nerveux». C'est un excitant indirect mettant nos muscles sous le contrôle du centre nerveux.

b) EXCITANTS ARTIFICIELS.-

On les appelle encore **excitants expérimentaux**. Divers excitants sont employés expérimentalement pour stimuler le muscle:

- des excitants mécaniques: tels que pincement, section du muscle, choc, piqûre, pression.
- des excitants chimiques: produits chimiques dans le muscle ou dans le sang: les alcalis faibles (ammoniac), solutions diluées d'acide, solution concentrée de chlorure de sodium, la glycérine, l'adrénaline.
- des excitants électriques: c'est l'excitant expérimental de choix, car on peut doser facilement la durée et l'intensité. Il ne modifie pas le tissu musculaire comme les autres excitants, mais l'intensité ne doit pas être trop élevée.

L'excitant électrique est utilisé très souvent au laboratoire pour étudier les propriétés des muscles.

CONDITIONS DE L'EXCITABILITE.-

Il y a deux conditions de l'excitabilité.

a) Condition d'INTENSITE.-

La contraction musculaire n'apparaît que si le courant a une intensité minimum appelée seuil d'excitation. Au-dessous du seuil, il n'y a pas de contraction musculaire, au-dessus du seuil, la contraction augmente d'amplitude jusqu'à une valeur donnée de l'intensité (excitation maxima) au delà de laquelle l'amplitude reste constante malgré l'augmentation d'intensité de la contraction. Ce courant d'intensité minimum est appelé rhéobase: Donc: la rhéobase est le seuil d'intensité du courant nécessaire pour qu'un muscle se contracte même lorsque la durée d'excitation est plus grande.

b) Condition de DUREE.-

La durée de l'excitation intervient également dans l'efficacité de l'excitation électrique, car le courant électrique doit passer pendant un certain temps pour exciter le muscle: il faut employer un courant d'autant plus intense que la durée de l'excitation est plus courte. Inversement, la durée d'excitation est plus courte. Inversement, la durée d'excitation doit être d'autant plus grande que l'intensité est plus faible. D'autre part, la durée d'excitation nécessaire est d'autant plus grande que les muscles sont plus lents et ont une contraction moins rapide. Ce temps caractéristique du fonctionnement de chaque muscle est obtenu en cherchant le seuil d'excitation (temps minimum nécessaire) avec un courant d'intensité double de la rhéobase. Ce temps est appelé **CHRONAXIE**.

Donc: la chronaxie est le temps minimum pendant lequel il faut faire passer un courant d'intensité double de la rhéobase (2R) pour avoir une contraction musculaire, la chronaxie est une caractéristique importante du muscle; d'une façon générale, plus un muscle est rapide, plus sa chronaxie est grande. Elle varie avec les lésions et atrophies musculaires, d'où son utilité dans la diagnostic des maladies affectant les muscles. L'expérience a montré que la chronaxie d'un muscle est la même que celle du nerf qui commande sa contraction. C'est la loi d'isochronisme. Les muscles à petite chronaxie sont plus excitables que les muscles à grande chronaxie.

3°) CONTRACTILITE.-

La contractilité est la capacité pour un muscle de se contracter sous l'influence d'une excitation reçue. C'est la propriété fondamentale du tissu musculaire. Elle caractérise la substance musculaire et particulièrement les myofibrilles. C'est une propriété de nature protoplasmique: Quand un muscle se contracte, il se raccourcit, en se gonflant. Toutefois cette augmentation de diamètre ne modifie pas le volume du muscle, car rien de nouveau (air ou sang) ne vient gonfler le muscle.

La contractilité est une propriété des disques sombres. L'observation microscopique d'une fibre contractée montre que seuls les disques sombres de fibrilles musculaires se raccourcissent et s'épaississent, alors que les disques clairs formés de substance élastiques s'allongent.

DIFFERENTES SORTES DE CONTRACTIONS MUSCULAIRES.-

On distingue:

- La contraction isotonique au cours de laquelle le muscle excité se raccourcit et développe une force constante.
- La contraction isométrique (cas du muscle au repos) pendant laquelle le muscle conserve la même longueur tout en développant une force croissante.

ETUDE EXPERIMENTALE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE.-

On peut étudier les phénomènes mécaniques de la contraction musculaire sur le gastrocnémien isolé de la grenouille, excité électriquement par l'intermédiaire du nerf sciatique. Pour cela, on utilise un appareil capable d'amplifier et d'enregistrer les mouvements du muscle et qu'on appelle **myographe**. On pratique une incision au niveau de la cuisse de la grenouille, mettant ainsi à nu le nerf sciatique (nerf qui commande le muscle gastrocnémien de la grenouille). On met le nerf sciatique en contact avec deux électrodes reliées aux deux pôles d'une pile. Lorsqu'on excite électriquement ce nerf, le muscle de la grenouille se contracte. Les mouvements de ce dernier sont inscrits sur le tambour enregistreur du myographe. On obtient alors un tracé appelé **myogramme**.

Interprétation du myogramme.-

La contraction musculaire peut se faire de deux façons, tout dépend du nombre d'excitations que le muscle reçoit.

A chaque fois que le muscle reçoit une excitation simple, c'est-à-dire quand on fait passer rapidement le courant électrique, il répond par une contraction brusque qui revient vite à sa position première. C'est ce qu'on appelle une **secousse musculaire**. Sur le tambour est enregistrée une courbe dont la montée correspond à la contraction du muscle et de la descente indique le relâchement des fibres musculaires.

ETUDE DES SECOUSSES MUSCULAIRES.-

- **Période de latence:** Le muscle ne se contracte pas immédiatement, il s'écoule un temps relativement court entre le moment où le muscle est excité et la réaction de ce dernier; c'est le temps de latence ou temps perdu par le muscle.
- **Période de contraction proprement dite:** C'est la période dite d'énergie croissante, au cours de laquelle, la contraction d'abord rapide, devient de plus en plus lente jusqu'à une certaine limite.
- **Période de relâchement ou de décontraction:** ou encore période d'énergie décroissante, pendant laquelle le muscle reprend sa longueur initiale.

ACTION DE PLUSIEURS EXCITATIONS.-

a) Tétanos physiologique.-

Si on applique au gastrocnémien de la grenouille 2 excitations séparées par un intervalle de temps inférieur à la durée totale d'une secousse simple, les effets des deux excitants vont s'ajouter. Mais, si au lieu d'appliquer 2 excitations à un muscle, on lui en donne plusieurs, séparées par le même intervalle, mais à un rythme tel que toute nouvelle excitation tombe en période de relâchement, on constate que la contraction musculaire s'accroît à chaque secousse, mais de moins en moins. Lorsque les excitations se suivent plus rapidement, le muscle ne revient pas au repos, le muscle est contracté au maximum: Cet état s'appelle **tétanos physiologique**.

b) Tétanos imparfait.-

Si les contractions élémentaires sont partiellement fusionnées, la courbe représentant la contraction musculaire a l'aspect d'une ligne sinueuse correspondant à un **trébuchement** du muscle, c'est le **tétanos physiologique imparfait**.

c) Tétanos parfait.-

Si les excitations sont données à un rythme beaucoup plus rapide, de telle sorte qu'elles interviennent pendant la phase de contraction de la secousse précédente, le muscle se maintient parfaitement contracté, la contraction est dite **permanente**; le tracé est rectiligne ou à peine ondulé : ce qui indique un **tétanos parfait**.

d) Tétanos pathologique.-

Dans le cas de la maladie du tétanos, le muscle entre en contraction permanente. Cette maladie est due à une toxine sécrétée par le bacille tétanique (*Clostridium tetani*) qui agit par voie nerveuse. Cette toxine provoque dans l'organisme des spasmes musculaires très douloureux et finalement la mort survient par tétanisation des muscles respiratoires.

e) Tremblement du muscle.-

Un muscle contracté présente un tremblement, ce qui montre que sa contraction est le résultat d'une infinité de secousses fusionnées entre elles. Le phénomène est plus net si le muscle est fatigué. Le tremblement des muscles vient aussi d'une faiblesse du système nerveux qui les donne pas assez rapidement des ordres aux muscles; les contractions sont alors incomplètement fusionnées. Ceci explique le tremblement des vieillards.

Il existe des cas de tétanos involontaire localisé tels que la crampe, le torticolis, ils sont passagers, mais douloureux.

CONTRACTION DU MUSCLE CARDIAQUE.-

L'examen du myogramme du muscle cardiaque montre que l'amplitude de la secousse musculaire ne varie pas avec l'intensité de l'excitation, dès que le seuil est atteint: la contraction du cœur ou systole est d'emblée à sa valeur maximum et rien ne peut la faire varier, contrairement aux autres muscles, dès que le seuil d'intensité de l'excitant est atteint, toutes les fibres musculaires qui sont anastomosées le sont d'emblée dans leur totalité. C'est la loi du **Tout ou rien**.

4°) TONICITE OU TONUS MUSCULAIRE.-

La tonicité est cette propriété que possède le muscle strié d'être légèrement contracté même au repos. La tonicité est une conséquence de l'élasticité du muscle. C'est un état de tension permanente bien distincte de la contraction volontaire qui produit des mouvements.

La tonicité du muscle est sous la dépendance du système nerveux, car si on coupe le nerf moteur d'un muscle, ce dernier ne se raccourcit plus.

La tonicité est une propriété des muscles striés; ce sont eux qui sont responsables de nombreux réflexes de postures, indispensables au bon équilibre et au maintien de nos attitudes. Le muscle fatigué ou paralysé a perdu son tonus. La tonicité joue également un rôle dans la production de la chaleur animale. Grâce à son tonus, le muscle est toujours prêt à entrer en action. Il s'agit là d'une protection pour le muscle qui reçoit subitement un ordre du système nerveux.

ENERGIE MUSCULAIRE.-

Les contractions musculaires s'accompagnent de production plus ou moins importante d'énergie. Cette énergie est libérée sous forme d'électricité, de chaleur et de travail mécanique.

1.- PHENOMENE ELECTRIQUE DE LA CONTRACTION.-

Toutes les cellules vivantes, en particulier, les cellules musculaires sont une source d'électricité. La production d'électricité du muscle est faible, mais facilement décelable à l'aide de galvanomètres spéciaux.

MISE EN EVIDENCE.-

Le phénomène électrique de la contraction peut être mis en évidence par l'expérience suivante: On relie deux électrodes à un système d'un muscle rouge en fuseau et l'autre sur la face intacte. Il se produit un courant qui va de la surface extérieure intacte (positive) vers la section (négative). C'est le courant de lésion ou courant de repos. On constate l'existence d'une différence de potentiel. La surface des fibres musculaires à un potentiel électrique plus élevé que l'intérieur. Si on excite le muscle à sa surface, il répond par une contraction et par un phénomène électrique qui peut être

détecté par le galvanomètre qui enregistre une onde alternative très brève. La différence de potentiel qui existait entre la surface du muscle et sa masse interne diminue. L'excitation a produit une variation de la surface musculaire. La contraction musculaire produit donc un changement dans l'état électrique du muscle.

2.- PHENOMENE THERMIQUE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE.-

Les muscles en se contractant produisent beaucoup de chaleur. Cette production de chaleur croît avec l'étendue et la rapidité des mouvements qu'ils exécutent. On peut facilement mettre en évidence, non seulement qualitativement, mais encore quantitativement l'élévation de la température du muscle en activité. Ces mesures sont faites au moyen d'aiguilles thermoélectriques placées sur les cuisses de chacune des pattes arrières de la grenouille. Quand on excite les muscles d'une patte, sa contraction se fait avec dégagement de chaleur dont la température s'élève de 0,1 à 0,2 de degré.

On peut évaluer la quantité de chaleur produite par le travail musculaire de l'homme en un temps donné à l'aide de calorimètre spécial. La production de chaleur par les muscles qui travaillent est une des principales sources de la chaleur animale. Une partie de cette chaleur est toutefois transformée en force mécanique. On observe que, quand un muscle se contracte sans produire de travail mécanique, sa température s'élève davantage que lorsqu'il se contracte pour soulever un poids, par exemple. Donc, une partie de chaleur produite par le muscle se transforme en travail mécanique.

SOURCES DE L'ENERGIE MUSCULAIRE.-

Un muscle en activité puise son énergie dans les réactions chimiques exothermiques dont il est le siège. Des observations faites sur un muscle en activité, puis au repos, montrent que la consommation d'oxygène et la production du CO_2 sont au moins 2 fois plus considérables dans un muscle en contraction que dans le même muscle au repos. En effet, lorsque le muscle travaille, il se passe dans sa masse des réactions d'oxydation parmi les substances utilisant l'oxygène amené par le sang.

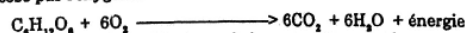
QUELLES SONT LES SUBSTANCES INTRODUITES PAR L'ABSORPTION DIGESTIVE CELLES QUI FOURNISSENT PLUS SPECIALEMENT LES MATERIAUX COMBUSTIBLES NECESSAIRES A LA PRODUCTION D'ENERGIE?

De nombreuses expériences faites par physiologiste français CHAUVEAU ont montré que lorsque le muscle travaille, la quantité de glycogène diminue dans les muscles et dans le foie. De plus, le sang qui traverse un muscle en activité perd beaucoup plus de glucose que lorsqu'il est au repos. Donc, les substances oxydées sont du sucre ou du glycogène contenus dans les muscles ou apportés par le sang. Cette oxydation produit de l'énergie dont une partie est utilisée en travail et le reste est dissipé. De plus, cette oxydation dégage une certaine quantité de CO_2 qui est entraîné par le sang.

Les lipides et les protides ne représentent pas une source normale de l'énergie des contractions, cependant, lorsque le muscle a épuisé ces réserves glucidiques, ces substances (lipides, protides) peuvent alimenter les contractions musculaires. Certains composés azotés et phosphorés spéciaux contenus dans le muscle, comme le phosphagène, favorisent la contraction.

PHENOMENES CHIMIQUES DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE.-

C'est une transformation de l'énergie chimique en énergie musculaire. Les réactions chimiques qui se déroulent dans un muscle en activité ne peuvent pas se ramener à une simple oxydation du glucose par l'oxygène.



Les phénomènes chimiques de la contraction sont beaucoup plus complexes.

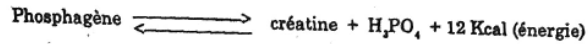
De plus, la contraction n'exige pas la présence de l'oxygène libre, car un muscle peut se contracter en atmosphère d'azote.

La contraction musculaire fait intervenir deux mécanismes différents:

- un mécanisme normal faisant entrer en jeu l'oxygène dès le début des réactions chimiques de la contraction: on peut parler de contraction aérobie.
- un mécanisme intervenant lorsque les conditions d'oxygénation du muscle sont déficientes: il s'agit d'une contraction anaérobie.

Les 2 mécanismes, anaérobie et aérobie, interviennent simultanément ou successivement suivant que l'apport de l'oxygène au muscle en activité est plus ou moins considérable.

- a) **Contraction anaérobie.**- Elle s'accomplit sans l'intervention de l'oxygène de l'air. La contraction anaérobie réside dans la présence dans le muscle d'un composé phosphoré, l'acide créatine phosphorique ou phosphagène, corps riche en énergie et qui peut se décomposer selon l'équation:



- b) **Contraction aérobie:** Le muscle bien irrigué, reçoit beaucoup d'oxygène. Dans ce muscle, les réactions d'oxydation commencent très tôt après le début de la contraction. Au cours de la contraction, le glycogène subit une dégradation oxydative qui conduit finalement à la formation de l'acide pyruvique ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$). Une réaction secondaire produit le CO_2 . Une partie de l'acide pyruvique est oxydée pendant la respiration et une autre partie est transformée en glycogène.

FATIGUE MUSCULAIRE.-

La fatigue musculaire est cette sensation de malaise pouvant aller jusqu'à la douleur qu'on éprouve à la suite de travail musculaire. La fatigue musculaire peut être accompagnée de fièvre, d'insomnie, puis aboutir à la courbature, au surmenage.

CAUSES DE LA FATIGUE MUSCULAIRE.-

La fatigue musculaire est due: à l'appauvrissement du muscle en glucose et à l'accumulation d'acide lactique ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$), de CO_2 , de H_3PO_4 dans le muscle et d'autres substances animales. Le sang d'un animal fatigué injecté à animal au repos engendre la fatigue. Les substances fatigantes sont en partie emportées par le sang. Sous l'influence de l'oxygène dans le sang comme dans le muscle, la plupart disparaissent. Certaines sont éliminées par les poumons, (le CO_2), la sueur et l'urine.

Un muscle fatigué présente une réaction acide due à l'acide lactique et au H_3PO_4 formé pendant les contractions et qui s'accumulent si celles-ci sont rapprochées. Si on laisse le muscle se reposer en présence d'oxygène, ces acides disparaissent et l'excitabilité redevient normale.

C'est pourquoi le massage active la circulation du sang dans les muscles, fait disparaître la sensation de fatigue.

La fatigue disparaît également par le repos, car l'acide lactique est éliminé.

La cause physiologique de la fatigue est déterminée par le facteur suivant: une accumulation de déchets métaboliques dans le muscle.

Le rythme du cœur est tel que la restauration peut se faire entre 2 battements et le muscle peut se contracter sans fatigue depuis la naissance et même avant la naissance jusqu'à la mort. La résistance à la fatigue s'acquiert par l'éducation.

RIGIDITE CADAVERIQUE.-

Quelques instants après la mort (10 minutes à 7 heures), les muscles deviennent rigides et durs. C'est cet état qu'on appelle rigidité cadavérique. La rigidité envahit les muscles dans l'ordre suivant: d'abord les muscles de la mâchoire inférieure, ceux du cou et des membres inférieurs, enfin ceux des membres supérieurs. Cette rigidité est la coagulation des protéines du muscle (**myosine**) par l'acide lactique.

Si la fatigue a précédé la mort, la rigidité se produira plus vite.

On peut provoquer une réaction semblable en mettant du vinaigre, par exemple, sur du blanc d'œuf. Le blanc de l'œuf qui est une protéine, coagulera. Il aura l'air d'être cuit.

Cette rigidité pourra même se produire au moment de la mort (soldats tués) au moment d'une bataille). Le muscle en rigidité se raccourcit un peu. D'où l'attitude uniforme du cadavre. (Pouce replié au milieu de la paume, recouvert par les doigts, mâchoires serrées, yeux ouverts, tête renversée en arrière, membres supérieurs en demi flexion). On peut donc considérer la rigidité cadavérique comme la dernière manifestation de l'activité musculaire.

Cette rigidité persiste au moment où la myosine coagulée commence à se dissoudre quand arrive la putréfaction.

«Le degré de rigidité cadavérique est un des critères utilisés par les médecins légistes pour déterminer l'heure de la mort».

CHAPITRE HUITIEME

LES PRINCIPAUX MUSCLES

On distingue:

- I.- Les muscles de la tête et du cou;
- II.- Les muscles du tronc;
- III.- Les muscles des membres

I.- MUSCLES DE LA TETE ET DU COU.-

A.- MUSCLES DE LA TETE.-

1.- MUSCLES MASTICATEURS.-

- a) **Élévateurs de la mâchoire inférieure.-**
Serrant fortement les maxillaires l'un contre l'autre, ils permettent le broyage des aliments. Ex. le masséter, situé entre la pommette et la base de la branche montante de la mâchoire. On sent très bien ce muscle se contracter en posant la main sur la tempe et les joues quand on serre les mâchoires.
- b) **Abaisseur de la mâchoire:**
Exemple: le digastrique, entre l'apophyse mastoïde et la partie interne de la mâchoire.
- c) **Divaricateurs:**
Ils permettent les mouvements latéraux et antéropostérieurs de la mâchoire.

2.- MUSCLES DE LA LANGUE.-

- a) Le muscle lingual sur lequel s'attachent d'autres muscles.
On distingue: le lingual supérieur, le lingual inférieur et le lingual moyen.
- b) Le muscle génio-glosse qui s'insère aux maxillaires inférieurs rabaissent et comprime l'organe au maximum.
- c) Le muscle hypoglosse qui tire la langue vers l'os hyoïde.
- d) Le muscle stylo-glosse qui porte la langue en haut et en arrière et qui l'applique contre le palais dans la déglutition.

3.- MUSCLES PEAUCIERS OU DE L'EXPRESSION.-

Leur ensemble constitue les muscles de la mimique. Ils sont superficiels:

- a) Le frontal, sous la peau du front, qui fronce la peau du front. C'est le muscle de l'attention.
- b) Le sourcilier, double la peau des sourcils: c'est le muscle de la douleur.
- c) L'orbiculaire des paupières, qui provoque, en se contractant, l'occlusion des paupières.

- d) **Le grand zygomatique**, entre l'os des pommettes et la commissure des lèvres qui imprime des mouvements à la commissure des lèvres. C'est le muscle du rire.
- e) **L'orbiculaire des lèvres fronce les lèvres**; il fait fermer la bouche en l'arrondissant. C'est le muscle du doute.

B.- MUSCLE DU COU.-

- a) **Sterno-cléido-mastoïdien**:
Il va du sternum et de la clavicule jusqu'à l'apophyse mastoïde du temporal. Il est parfois atteint d'une affection douloureuse, le torticolis. Quand la tête reste fixe, sa contraction soulève le sternum et par suite l'ensemble des côtes (il joue le rôle de muscle respiratoire).
- b) **Les scalènes antérieur et postérieur**:
Ils sont tendus entre les vertèbres cervicales, d'une part, la 1ère et la 2ème côtes, d'autre part. Ce sont les muscles éleveurs des côtes, par suite, ils interviennent dans la respiration (Inspiration normale).

II.- MUSCLES DU TRONC.-

A.- EN AVANT.-

- 1) **Le grand pectoral** dessine la région mammaire. Il s'étale en éventail de l'humérus à la clavicule, au sternum et aux cartilages des six premières côtes. Il attire le bras en dedans et en avant du corps. Quand l'humérus est fixe, la contraction de ses digitations inférieures soulève la cage thoracique.
- 2) **Le grand dentelé**, plaqué contre les parties latérales du thorax, permet le mouvement vertical du bras. C'est aussi un muscle éleveur des côtes; les digitations inférieures du grand dentelé vont de l'omoplate à la face externe des 6è, 7è, 8è et 9è côtes.
- 3) **Les muscles intercostaux** remplissent les espaces compris entre les côtes; les intercostaux externes soulèvent les côtes et les intercostaux internes les abaissent.
- 4) **Les muscles surcostaux** s'attachent d'une part sur les bords supérieurs de la côte et d'autre part à la vertèbre qui est au-dessus. Ils élèvent les côtes.
- 5) **Les muscles sous-costaux** réunissent entre eux les intercostaux internes.
- 6) **Le grand droit de l'abdomen** s'attache en bas du pubis, en haut sur les cartilages des 5è, 6è et 7è côtes. Il intervient dans la respiration (expiration forcée). Il fléchit la colonne vertébrale en avant.
- 7) **Le grand oblique de l'abdomen** s'insère aux 8 dernières côtes, d'une part, à l'os iliaque et au pubis, d'autre part. C'est un muscle fléchisseur du tronc et abaisseur des côtes. Il intervient dans la respiration (expiration forcée). Il contourne alors le bassin et comprime l'abdomen.
- 8) **Le petit oblique de l'abdomen** situé au-dessous du précédent. C'est un muscle expirateur (expiration forcée). Il va de la crête iliaque aux 4 dernières côtes.

LE DIAPHRAGME.-

Sa forme est celle d'un dôme, (d'une coupole) convexe vers le haut. Il est situé entre la cavité thoracique et la cavité abdominale. En se contractant, ses fibres musculaires atténuent sa voussure et refoulent les viscères abdominaux, principalement sur les côtes. Ainsi, augmente le diamètre de la cage thoracique. Il joue un rôle dans la respiration (inspiration normale).

B.- EN ARRIERE.-

- a) Le trapèze s'attache à l'occipital, aux dix premières vertèbres dorsales, à la clavicule et à l'omoplate. Il tire la tête en arrière et porte l'épaule en dedans et en haut (action de hausser les épaules). Il commande les mouvements de l'omoplate et de la ceinture scapulaire.
- b) Le grand dorsal, large muscle du dos, s'insère à l'humérus d'une part et d'autre part aux six dernières vertèbres dorsales, aux 5 vertèbres lombaires et à l'os iliaque. Il amène le bras derrière le dos, et soulève les dernières côtes.
- c) Le petit dentelé supérieur est inséré entre les dernières cervicales, les 3 premières dorsales et les cinq premières côtes. Il est inspirateur.
- d) Le carré des lombes est situé de chaque côté des 5 vertèbres lombaires entre l'os iliaque et la 2^e. C'est un muscle expirateur.

III.- MUSCLES DES MEMBRES.-

1.- MEMBRE SUPERIEUR.-

A.- L'épaule.-

a) Le deltoïde:

C'est un muscle triangulaire qui dessine la saillie de l'épaule. Il s'attache à la clavicule et à l'omoplate, d'une part, et l'humérus d'autre part. Sa contraction élève tout le bras jusqu'à l'horizontale.

b) Le grand rond:

Le bord de ce muscle forme avec celui du grand dorsal le bord postérieur du creux de l'aisselle.

B.- Le bras.-

a) Le biceps brachial.-

Ce muscle occupe presque tout entier la face antérieure du bras. Il s'attache en haut par 2 tendons fixés sur la cavité glénoïde et l'apophyse coracoïde de l'omoplate, en bas sur le radius. C'est un muscle fléchisseur, il ramène l'avant bras sur le bras avec l'aide du brachial antérieur.

b) Le brachial antérieur.-

Il est situé au-dessous du biceps et s'attache sur l'humérus et le cubitus. Ces deux muscles fléchisseurs facilitent la flexion de l'avant-bras sur le bras.

c) Le triceps brachial.-

Ce muscle occupe la région postérieure du bras. Il s'attache sur l'humérus et l'omoplate, d'une part, et sur le cubitus, d'autre part. C'est un muscle extenseur. Il ramène l'avant-bras dans le prolongement du bras.

C.- L'avant-bras.-

a) Le rond pronateur.-

Ce muscle fait tourner le radius autour du cubitus et amène la main en position de pronation (pouce en dedans).

b) Les deux supinateurs.-

Ces deux muscles sont antagonistes du précédent. Ils ramènent la main en position de supination (pouce en dehors).

- c) **Les palmaires.-**
Le grand et le petit palmaire permettent la flexion de la main sur l'avant-bras.
- d) **La main.-**
Un grand nombre de muscles situés dans l'avant-bras (fléchisseurs, extenseurs) permettent les différents mouvements des doigts (préhension des objets).

2.- MEMBRE INFÉRIEUR.-

A.- LE BASSIN.-

- a) **Les fessiers.-**
Ils sont au nombre de trois: grand fessier, moyen fessier et petit fessier. Ils forment une masse charnue très développée chez l'homme.
- b) **Le grand fessier, le plus volumineux maintient le corps dans la station debout et soulève la cuisse pendant la marche. Il s'insère d'une part sur la crête iliaque du bassin et d'autre part sur le fémur.**

B.- LA CUISSE.-

- a) **Le biceps fémoral.-**
Ce muscle est situé dans la région postérieure de la cuisse. Il s'insère en haut sur l'ischion et le fémur, en bas sur le péroné. C'est un muscle fléchisseur. Il permet la flexion de la jambe sur la cuisse.
- b) **Le quadriceps fémoral.-**
Ce muscle occupe la partie antérieure de la cuisse. Il s'attache d'une part à l'os iliaque et au fémur, d'autre part, à la rotule et au tibia. C'est le muscle extenseur de la cuisse sur la jambe.
- c) **Le couturier.-**
Ce muscle, disposé obliquement, traverse la face antérieure de la cuisse. Il permet de croiser les jambes et de tourner le pied en dehors.

C.- LA JAMBE.-

La saillie du mollet comprend trois muscles:

- les deux jumeaux internes et externes et le soléaire. Les jumeaux partent de la base du fémur tandis que le soléaire s'attache sur le péroné et le tibia -
- jumeaux et soléaire s'unissent à la partie moyenne de la jambe pour constituer le tendon d'Achille fixé au calcanéum.

Ces muscles assurent les mouvements d'extension du pied et portent le pied en dedans. Ils jouent le rôle prépondérant dans la marche, la course, le saut, la danse. Ils élèvent le talon.

D.- LE PIED.-

Les muscles du pied sont comparables à ceux de la main. Mais, du point de vue fonctionnel, ils n'ont pas la même importance, car le pouce n'est pas opposable aux autres doigts du pied.

COMPOSITION CHIMIQUE DU MUSCLE.-

Le muscle frais contient: de l'eau, 75%, des protéines (myosine), 21% des glucides (glycogène, 1% glucose), d'acide lactique, des sels minéraux (phosphates acides et sels de potassium; enfin des composés azotés et phosphorés, jouant un rôle important dans la contraction musculaire; l'acide adényl - phosphorique et le phosphagène.

ROLE DES MUSCLES

1.- ROLE DANS LE MOUVEMENT.-

Les muscles sont les organes actifs du mouvement. Dans l'organisme, tout mouvement, même très simple, résulte de la contraction d'un ou de plusieurs muscles. Ainsi, la flexion de l'avant-bras sur le bras est due à la contraction du biceps et son extension est produite par la contraction du triceps. Biceps et triceps travaillent en même temps, mais en sens inverse et produisent des mouvements contraires : ce sont des muscles antagonistes.

2.- ROLE DANS L'EQUILIBRATION.-

Les muscles jouent également un rôle dans l'équilibration. Celui qui s'endort, par suite d'une grande fatigue, perd l'équilibre et tombe. Dans le sommeil, le système nerveux n'agit plus sur les muscles du squelette. Ces muscles se relâchent alors complètement et la tête, le tronc, les membres suivent la loi de la pesanteur. Ce qui montre que l'équilibre est dû à la contraction permanente et coordonnée de certains muscles (muscles de la nuque, du tronc et des membres).

La station debout et la position assise, qui sont dues à la contraction permanente de divers muscles (muscles du mollet, de la cuisse, le quadriceps, muscles abdominaux et dorsaux, muscles de la nuque) sont des merveilles d'équilibre.

Dans la marche, la course et le saut, les muscles de l'équilibration accompagnent dans leurs contractions celles des muscles des membres (muscles des jambes et des bras).

QUESTIONS DE REVISION

I. Compléter les phrases suivantes:

- 1.- Les organes actifs du mouvement et des attitudes s'appellent
- 2.- Chez l'homme le nombre de muscles est
- 3.- Les muscles striés ou muscles rouges doivent leur couleur à la présence de
- 4.- Les muscles larges et plats s'insèrent sur les os par des lames nacrées, tendineuses appelées
- 5.- Une coupe transversale d'un muscle en fuseau montre autour de celui-ci une enveloppe conjonctive très résistante nommée
- 6.- La fibre musculaire rouge striée est entourée d'une fine membrane appelée
- 7.- La propriété que possède un muscle de se déformer sous l'action d'une force extérieure et de reprendre sa forme primitive après suppression de cette force est
- 8.- Les facteurs qui sont susceptibles de déclencher la contraction musculaire sont appelés
- 9.- Les propriétés essentielles des muscles sont: et
- 10.- La capacité que possède un muscle de se contracter sous l'influence d'une excitation reçue se nomme
- 11.- L'appareil capable d'amplifier et d'enregistrer les mouvements du muscle est

LE SYSTEME NERVEUX

Le système nerveux remplit dans l'organisme un double rôle: -

- Il met l'homme en relation avec le milieu extérieur par l'intermédiaire des organes de sens;
- Il assure la coordination des différents organes du corps, c'est-à-dire, il veille au travail de chacun d'eux et à l'harmonie de l'ensemble.

Le système nerveux de l'homme comprend deux parties: -

- Le système nerveux cérébro-spinal, qui commande aux fonctions de relation; -
- Le système neuro-végétatif, qui règle et coordonne les fonctions de nutrition.

A.- SYSTEME NERVEUX CEREBRO-SPINAL.-

Le système nerveux cérébro-spinal ou système nerveux central se compose:

- d'un axe cérébro-spinal, logé dans la crâne et la colonne vertébrale;
- des nerfs cérébro-spinaux reliant l'axe à tous les organes.

I.- AXE CEREBRO-SPINAL.- ANATOMIE.-

L'axe cérébro-spinal comprend l'encéphale dans le crâne, et la moelle épinière dans le canal rachidien.

1.- L'ENCEPHALE.-

L'encéphale est un organe très spécialisé pesant environ 1500 grammes et contenu dans la boîte crânienne. Il est enveloppé de membrane protectrices et nourricières: les méninges. Il comporte essentiellement: le cerveau, le cervelet et le bulbe rachidien.

Cavités de l'encéphale.-

L'encéphale comprend 4 cavités appelées ventricules communiquent les unes avec les autres. Les 2 ventricules latéraux communiquent avec le troisième ventricule, lequel débouche dans le quatrième.

a) LE CERVEAU.-

Le cerveau est la partie la plus volumineuse de l'encéphale. Il est divisé en deux parties ou hémisphères cérébraux par un sillon très profond: la scissure inter-hémisphère. Des sillons plus profonds ou scissures (scissure de Rolando et scissure de Sylvius) divisent chacun des hémisphères en 4 lobes, le frontal, le pariétal, le temporal et l'occipital.

La surface externe ou cortex présente des saillies et des sillons de forme irrégulière: ce sont les circonvolutions du cerveau.

SUBSTANCE BLANCHE.-

Entre certaines fibres nerveuses (nerfs de la peau, par exemple) et la gaine de Schwann se trouve une substance particulière, appelée myéline. Cette nouvelle matière grasseuse est d'un blanc nacré, d'où le nom de substance blanche donnée à l'ensemble de la fibre. La substance blanche forme les nerfs (sauf les nerfs

olfactifs) et des cordons dans l'axe cérébro-spinal. Elle apparaît comme une substance qui relie les centres de la substance grise.

En résumé: dans le tissu nerveux on observe la substance grise constituée par des neurones et leurs axones sans myéline et la substance blanche constituée par de nombreuses fibres recouvertes de myéline sans gaine de Schwann.

Dans la substance blanche on distingue deux sortes de fibres:

- des fibres longues unissant la moelle à l'encéphale et groupées en faisceaux;
- des fibres courtes unissant les différents étages de la moelle (les axones des neurones d'association verticaux).

b) **LE CERVELET.-**

Il est situé en dessous et en arrière du cerveau. Il occupe la partie postérieure et inférieure du crâne. Comme le cerveau, il est divisé en lobes par des circonvolutions moins profondes et plus régulières: un lobe médian, étroit ou vermis et 2 lobes latéraux ou hémisphères cérébelleux. Il est également enveloppé par les méninges.

La surface du cervelet est formé de matière grise riche en cellules nerveuses disposées en 3 couches différenciées avec des arborisations multiples et de nombreux neurones associatifs. La masse intérieure est formée de substance blanche dans laquelle se trouve disséminés de noyaux de substance grise.

c) **LE BULBE RACHIDIEN.-**

Le bulbe rachidien est un renflement (masse nerveuse) de la moelle épinière qu'il prolonge vers le haut, de ce fait, il est situé à la base du crâne. Il a la forme d'un tronc de cône renversé et pèse environ 10 grammes. Des sillons longitudinaux, antérieur et postérieur, divisent le bulbe en faisceaux ou cordons, continuation des cordons de la moelle épinière.

Les cordons latéraux et la plus grande partie des cordons postérieurs de la moelle s'entrecroisent à la base du bulbe. En avant, ils s'unissent aux cordons antérieurs pour former les pyramides antérieures du bulbe, qui se continuent après la protubérance annulaire par les pédoncules cérébraux.

A sa face postérieure, après section du cervelet, on observe le 4ème ventricule qui est encadré par les pyramides antérieures; celles-ci continuent les cordons postérieurs et une partie des cordons latéraux de la moelle. Le bulbe rachidien est relié au cervelet par les pédoncules cérébelleux inférieurs, au cerveau par les pédoncules cérébraux et à la périphérie du corps par les sept dernières paires de nerfs crâniens. Il est formé de noyaux de substance grise noyée dans la substance blanche.

2.- **LA MOELLE EPINIÈRE.-**

Elle est contenue dans le canal rachidien, formé par la succession des arcs osseux des vertèbres. C'est un long cordon nerveux qui s'étend sur presque toute la longueur de la colonne vertébrale; elle descend à l'intérieur du canal rachidien, depuis le trou occipital jusqu'à la deuxième vertèbre lombaire. Elle mesure environ 50 cm de long sur 1 cm de diamètre chez l'homme. Elle est protégée par les méninges.

Le centre de la moelle est occupé par le canal de l'épendyme, renfermant du liquide céphalo-rachidien. Lors d'une ponction lombaire, le médecin prélève du liquide céphalo-rachidien à l'aide d'une aiguille et d'une seringue; l'aiguille est introduite entre le 3e et 4e vertèbres lombaires, c'est-à-dire juste au dessous de la moelle épinière.

La partie périphérique de la moelle est formée de substance blanche composée de fibres revêtues de myéline; ces fibres forment des faisceaux bien individualisés. Une coupe transversale de la moelle épinière montre que la substance blanche enveloppe la substance grise qui affecte la forme de X ou de H. La moelle épinière est parcourue sur toute la longueur par un sillon antérieur relativement large et peu profond et par un sillon postérieur étroit et profond.

LES MENINGES.-

Elles forment l'enveloppe protectrice et nourricière des centres nerveux et de la moelle épinière. Elles sont constituées de 3 membranes conjonctives:

- une membrane interne, la pie-mère; elle est riche en vaisseaux sanguins; c'est la membrane nourricière. Elle apporte l'oxygène et les aliments aux cellules du cerveau.
- une membrane externe ou dure-mère; elle est épaisse, résistante et fibreuse.
- une membrane moyenne, l'arachnoïde; elle est constituée par un réseau de fibres conjonctives.

II.- NERFS CERBRO-SPINAUX.-

Il existe chez l'homme 43 paires de nerfs parfaitement symétriques: 12 paires de nerfs crâniens qui partent de l'encéphale; - 31 paires de nerfs rachidiens qui sont issus de la moelle épinière, une paire par vertèbre, du cou jusqu'à l'extrémité de la moelle.

a) NERFS CRÂNIENS.-

Les nerfs crâniens rayonnent à partir de la face ventrale de l'encéphale. Ils relient certains organes importants du corps directement à l'encéphale. Ces nerfs et leurs ramifications constituent avec les nerfs crâniens, le système nerveux périphérique.

Les nerfs optiques relient les yeux à l'encéphale. A l'entrée de l'encéphale, les deux nerfs optiques droit et gauche s'entrecroisent en échangeant une partie de leurs fibres pour former le chiasma optique.

Les nerfs vagues (pneumogastriques) établissent la connexion entre l'encéphale, et les poumons, le cœur, les viscères abdominaux.

Les nerfs crâniens se divisent en trois catégories: nerfs moteurs, nerfs sensitifs et nerfs mixtes.

1°) Les nerfs crâniens sensitifs sont:

- le nerf olfactif (première paire): c'est le nerf de l'odorat;
- le nerf optique (deuxième paire): c'est le nerf de la vue; -
- le nerf auditif (huitième paire); il commande la sensibilité de l'oreille interne.

2°) Les nerfs crâniens moteurs sont:

- le nerf crânien nerf moteur oculaire commun (troisième paire); il innerve les muscles de l'œil sauf le grand oblique et le droit externe; -
- le nerf pathétique (quatrième paire); il se rend au grand oblique de l'œil; -
- le nerf moteur oculaire (sixième paire); il innerve le droit externe de l'œil; le nerf facial (septième paire); il innerve les muscles de la face et les glandes salivaires (corde du tympan);
- le nerf spinal (onzième paire); il innerve les muscles du cou et du larynx; -
- le nerf hypoglosse (douzième paire); il innerve les muscles de la langue.

- Les nerfs crâniens mixtes sont:**
- le nerf trijumeau (cinquième paire); il donne trois branches qui innervent les mâchoires, la langue et l'œil;
 - le nerf glosso-pharyngien (neuvième paire); il innerve les muscles de la langue et du pharynx;
 - le nerf pneumogastrique (dixième paire).

Remarque

Un nerf sensitif est un nerf qui est constitué de chaînes de neurones conduisant toutes l'influx nerveux d'un organe quelconque vers l'axe cérébro-spinal.

Un nerf moteur est un nerf qui est formé de chaînes de ganglions conduisant toutes l'influx nerveux d'un centre nerveux de l'axe cérébro-spinal vers un muscle.

Un nerf mixte est un nerf qui possède des chaînes de neurones sensibles et des chaînes de neurones motrices.

L'influx nerveux est l'excitation qui se propage le long de la fibre nerveuse (du nerf)

b) **NERFS RACHIDIENS.-**

Les nerfs rachidiens naissent, au nombre de 31 paires chez l'homme, de chaque côté de la moelle épinière; ce sont des nerfs mixtes. Chacun de ces nerfs présente deux racines à l'intérieur même de la colonne vertébrale: une racine antérieure motrice; une racine postérieure sensitive. La racine postérieure porte un renflement, le ganglion spinal ou ganglion rachidien.

Les deux racines se réunissent, dans le canal rachidien, pour former le nerf rachidien qui sort par le trou de conjugaison entre deux vertèbres. Une fois sorti, ce nerf se divise en deux branches: l'une, dorsale, qui se rend à la peau et aux muscles; l'autre, ventrale, qui se rend aux organes et aux membres où ses ramifications s'entrelacent et forment des réseaux nerveux ou plexus.

Ces plexus sont:

le plexus cervical, le plexus brachial, le plexus lombaire, le plexus sacré, d'où partent les principaux nerfs de l'organisme.

Les dernières paires de nerfs rachidiens forment à la partie terminale (filament terminal) de la moelle épinière une touffe, appelée la queue de cheval.

3.- **SYSTEME NEURO-VEGETATIF.-**

Le système neuro-végétatif est un système d'éléments nerveux situé en dehors du système cérébro-spinal, mais rattaché à lui par des rameaux communicants. Ce système est involontaire et automatique.

Il comprend deux parties:

- le système orthosympathique (ou grand sympathique)
- le système sympathique.

1.- **SYSTEME ORTHOSYMPATHIQUE.**

Le système orthosympathique est constitué:

- par deux chaînes de ganglions qui sont situées de chaque côté de la colonne vertébrale. Chaque chaîne comprend un grand nerf sympathique et 23 ganglions (il y a deux grands nerfs sympathiques, donc 46 ganglions);
- par des nerfs (nerfs sympathiques) reliant les ganglions à de nombreux organes: organes de nutrition (appareil digestif, reins, cœur, etc.) et organes de reproduction.

Sur le trajet de ces nerfs, il se forme en certains points du corps, des réseaux de ganglions appelés plexus:

- plexus cardiaque au niveau du cœur;
- plexus mésentérique, dans la région de l'intestin;
- plexus hypogastrique, innervant le bassin et la vessie.

De chacun des 46 ganglions se détache un filet nerveux appelé rameau communicant, qui s'unit au nerf rachidien à sa sortie du canal rachidien et pénètre même dans la moelle épinière.

2.- SYSTEME PARASYMPATHIQUE.-

Le système parasympathique est constitué par des filets nerveux issus de la base de l'encéphale ainsi que de la région inférieure de la moelle épinière. Il est formé des amas de cellules nerveuses ou ganglions (ganglion ophtalmique, ganglion sphéno-palatin, ganglion optique, ganglion pelvien). Les plus importants des nerfs parasympathiques sont le pneumogastrique, le nerf moteur oculaire commun, la corde du tympan, le nerf pelvien.

L'action du système parasympathique est antagoniste de celle de l'orthosympathique.

STRUCTURE DU SYSTEME NERVEUX CEREBRO-SPINAL.- LES NEURONES.-

La cellule nerveuse appelée encore neurone présente la structure générale des autres cellules de l'organisme. Chaque neurone est constitué d'un corps cellulaire de forme irrégulière ou étoilée appelée cytosome. Elle possède un noyau très volumineux, un cytoplasme granuleux limité par la membrane cytoplasmique. Le cytoplasme renferme un amas de granulations disséminées autour du noyau, les corps de Nissl.

Au corps cellulaire se rattachent des prolongements courts et très ramifiés: les dendrites, responsables de la transmission des influx nerveux au corps cellulaire. Un neurone peut avoir jusqu'à 100 dendrites. Un seul de ces prolongements, l'axone, appelé aussi cylindraxe, conduit l'influx nerveux du corps cellulaire vers l'extérieur du neurone. L'extrémité des dendrites et des axones se ramifie en une arborisation terminale.

Les neurones ne sont pas isolés dans l'organisme. Ils sont associés les uns des autres en formant un réseau d'une complexité extrême. Les ramifications des cellules se mêlent les unes aux autres, mais ne se confondent pas. Il n'y a pas anastomoses des neurones, mais simples contacts ou articulations. Ces articulations de neurones portent le nom de synapses.

Différentes formes de neurones.-

On distingue:

- les neurones multipolaires qui comprennent un axone et de nombreux dendrites: Exemple: les neurones des cornes antérieures de la moelle épinière;
- les neurones bipolaires qui n'émettent que deux prolongements; un axone et un dendrite, Exemple: les neurones bipolaires de la rétine;
- les neurones unipolaires ou en R; leur corps cellulaire paraît n'avoir qu'un prolongement, mais en réalité il en possède deux comme les neurones bipolaires. En effet, l'axone et le dendrite sont confondus au départ sur une certaine étendue, et de là, vient que ce prolongement unique du neurone se bifurque en T non loin du corps cellulaire, Exemple: les neurones des ganglions spinaux des nerfs rachidiens de la moelle épinière.

Fibres nerveuses.-

Les fibres nerveuses sont constituées par des axones. Elles sont souvent recouvertes d'une enveloppe de substance grasse: la gaine de myéline, elle-même recouverte d'une enveloppe mince contenant plusieurs noyaux:

La gaine de Schwann présente de distance en distance des étranglements par où s'échappent de fines ramifications du cylindrax, les collatérales. Il existe en outre des fibres sans myéline, les fibres de Remak, composées d'un ou de plusieurs axones groupés.

ROLE DES DIVERSES PARTIES DU SYSTEME NERVEUX CEREBRO-SPINAL.-

1.- Le cerveau.-

Le cerveau est le siège:

- a) des facultés intellectuelles et morales, en d'autres termes, du psychisme. En effet, le travail intellectuel intense et prolongé cause souvent des maux de tête
- b) de la mémoire. Si l'on enlève le cerveau à un chien il perd toute mémoire;
- c) de la sensibilité et de la volonté. Certaines substances, comme le chloroforme et l'éther, agissent sur le cerveau et suppriment toute douleur, toute volonté.

2.- Le cervelet.-

Le cervelet coordonne les mouvements volontaires et maintient le tonus musculaire, indispensable à notre équilibre (il règle l'équilibre). Un animal privé de cervelet, conserve sensibilité, intelligence et mémoire, mais il perd le sens de l'équilibre; il peut se tenir sur ses pattes. «L'homme, avec des lésions du cervelet, ne peut régler l'intensité de ses contractions, d'où mouvements démesurés, démarche titubante comme celle d'un homme ivre.»

3.- Le bulbe rachidien.-

Le bulbe rachidien est, par sa substance blanche, un organe de transmission (conducteur) et par sa substance grise, un centre de réflexes très importants: le centre respiratoire, le centre des mouvements du cœur, le centre du vomissement, le centre de la toux, etc.

Le bulbe commande l'ensemble des actes réflexes, c'est-à-dire indépendants de l'action de la volonté, et en général les fonctions de la vie végétative: les fonctions du cœur et des poumons, les fonctions sécrétrices (les glandes), les mouvements de l'appareil digestif, etc. ...

« Pour l'abattre d'un coup, le toréador habile « pique » le Taureau au nœud vital, endroit du bulbe rachidien situé un peu en arrière des oreilles. »

4.- La moelle épinière.-

La moelle épinière est, par sa substance blanche, un organe de transmission. Elle commande, par sa substance grise, les mouvements rapides et involontaires, c'est-à-dire les mouvements réflexes.

Chez une grenouille dont la moelle épinière a été sectionnée dans le dos, les membres antérieurs continuent à se mouvoir, tandis que les membres postérieurs sont paralysés.

« Une poule décapitée s'agit en quelque temps. Un homme endormi, piqué au bras, le retire inconsciemment. »

QUESTIONS DE REVISION

I. Compléter les phrases suivantes:

1. Le système nerveux de l'homme comprend deux parties: et
2. L'axe cérébro-spinal comporte dans le crâne et dans le canal rachidien

LE SYSTEME DIGESTIF

LES FONCTIONS DE NUTRITION.

Les fonctions de nutrition assurent la conservation de l'individu et sa croissance.

Elles comprennent les différentes fonctions par lesquelles l'organisme transforme les aliments et se débarrasse des produits de déchets.

Ce sont:

- la digestion, qui transforme les aliments;
- l'absorption, qui fait passer les aliments digérés dans le sang et dans la lymphe;
- la circulation, qui assure le transport, par le sang des aliments dans tous les tissus;
- la respiration, assurant la pénétration de l'oxygène et son utilisation à toutes les cellules;
- l'élimination (excrétion), qui rejette au dehors les déchets de l'organisme.

LA DIGESTION

LES ALIMENTS ET LA RATION ALIMENTAIRE

I. LES ALIMENTS.

Ce sont des substances qui assurent la croissance des individus jeunes, l'entretien et le renouvellement des cellules et des tissus chez les adultes et un apport énergétique nécessaire.

On distingue:

- les aliments constructeurs, réparateurs (l'eau et les protéides).
- les aliments producteurs d'énergie (les glucides, les protéides, les lipides).
- les aliments régulateurs (les sels minéraux, les vitamines, la cellulose et l'eau).

CLASSIFICATION DES ALIMENTS.

Les aliments se répartissent en 2 groupes: les aliments simples et les aliments composés.

A. LES ALIMENTS SIMPLES.

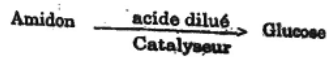
Les aliments simples comprennent les aliments minéraux (l'eau, etc.) et les aliments organiques (glucides, lipides et les protéides).

1) LES ALIMENTS MINÉRAUX.

a) L'EAU.

Elle constitue les $\frac{2}{3}$ de la masse du corps humain, et est indispensable à la vie.

blanche, insoluble dans l'eau froide, mais soluble dans l'eau chaude (à 70°C), où ses grains se gonflent et donnent une solution colloïdale d'aspect caractéristique, l'empois d'amidon. En présence d'iode, l'amidon prend une coloration bleue qui disparaît à chaud pour réapparaître à froid. En présence d'acide dilué, l'amidon se transforme en glucose.



Le glycogène.-

C'est un féculent que l'on trouve dans le foie et les muscles. Il se colore en brun acajou par l'iode.

b) LES LIPIDES.-

Les lipides ou corps gras, sont des liquides (huile), des solides (beurre, graisses). Ils sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les solvants organiques (alcool, éther, acétone, etc. ...); avec l'eau, les lipides liquides forment des émulsions instables.

Les lipides se rencontrent chez les végétaux dans les graines oléagineuses (noix de coco, arachides, etc. ...) et chez les animaux, dans le foie de poissons, les viandes grasses, dans les œufs (les lécithines, graisses azotées et phosphorées). Ils possèdent une grande valeur énergétique (4 calories par gramme).

c) LES PROTIDES.-

Les protides ou protéines sont des matières azotées ou albuminoïdes. Ce sont des substances complexes qui, sous l'action du suc digestif, se transforment en substances plus simples appelées acides aminés. Sous l'action de la chaleur, de l'alcool et de l'acide, ils se coagulent.

Les protides alimentaires sont des protéides qui se trouvent dans la viande, les œufs, le lait, les fromages, la farine, les légumes frais (pois, haricot, etc. ...).

3.- LES ALIMENTS COMPOSÉS.-

Les aliments composés ou aliments complets renferment la plupart des aliments simples.

Le pain renferme de l'eau, 40%, des sels minéraux, de l'amidon, 50% de gluten, de petite quantité de graisses. C'est donc un aliment complet. Cependant, il est trop pauvre en lipides et en sels minéraux.

Le lait est un aliment mieux équilibré; il renferme de l'eau, des sels minéraux (sels de calcium, phosphates), des glucides (lactose), des protides (caséine), des lipides (globules gras), des vitamines.

Les œufs sont riches en protides et en lipides, mais pauvres en glucides et en certaines vitamines.

REMARQUES.-

1.- Nutriment.-

On entend par nutriment toute substance contenue dans les aliments ou provenant de leur digestion que les cellules utilisent directement dans leur métabolisme (acides aminés, glucose, etc.).

2.- Aliments de lest.-

Ce sont des aliments sans valeur nutritive (non digestibles, la cellulose, par exemple), destinés à assurer au bol alimentaire un volume favorable à sa progression.

LES RATIONS ALIMENTAIRES.-

La ration alimentaire est la quantité d'aliments nécessaires à l'entretien de l'organisme et à la production d'énergie pour une durée de 24 heures.

Une ration alimentaire doit satisfaire les besoins de l'organisme : besoins en matières et en énergie. Les besoins en énergie varient avec l'activité de l'individu, avec les saisons et les climats. Les besoins en matières nutritives varient avec l'état physiologique, l'âge, le sexe. D'une façon générale, la ration alimentaire doit s'adapter aux conditions de vie de chaque individu.

DIVERS TYPES DE RATIONS ALIMENTAIRES.-

1°) RATION ALIMENTAIRE NORMALE OU RATION D'ENTRETIEN.-

a) Besoins en énergie.

- 1) Un homme adulte au repos dépense 2400 calories environ par jour pour maintenir sa température constante et assurer le fonctionnement des organes indispensables (cœur, poumons, reins, glandes, etc. ...). Cette quantité d'énergie peut lui être fournie par tous les aliments, mais surtout par des aliments énergétiques (glucides, lipides).

b) Besoins en matières.-

La ration doit fournir les matériaux indispensables à l'entretien et au renouvellement de nos cellules et de nos tissus. Elle doit comporter :

des protides dont les besoins chez l'adulte sont de 1g. par kg. de poids et par jour, des matières grasses indispensables, fournies par les huiles végétales et les huiles de poissons; des éléments minéraux : sodium, potassium, phosphore, calcium, fer, etc., des vitamines.

Pour couvrir les besoins précédents, la ration d'entretien doit comprendre chaque jour pour un homme de 70kg, de protides, 50 à 60g. des lipides, 400g. des glucides. Ces substances nutritives doivent être apportées par différentes catégories d'aliments en quantités équilibrées :

- **aliments plastiques**: produits laitiers et viandes, poissons, œufs (apportant des protides indispensables, des graisses, des vitamines du groupe B, du calcium, du phosphore).
- **aliments énergétiques**: les lipides (beurre, huiles, graisses) qui apportent en plus les vitamines A et D, les glucides (pain, pomme de terre, sucre etc.).
- **aliments riches en cellulose** (indispensables au bon fonctionnement intestinal) et en sels minéraux (fruits, légumes frais) apportant en outre la vitamine C.

2°) RATION DE TRAVAIL.-

Elle varie suivant le travail effectué. Le travailleur intellectuel, menant une vie sédentaire peut se contenter d'une ration d'entretien. Pour un individu fournissant un travail qui exige une dépense d'énergie considérable, la ration alimentaire doit apporter un complément d'aliments énergétiques, de protides d'origine animale, des vitamines B et C et suffisamment d'eau et de sels minéraux. La ration du travailleur bien qu'abondante doit renfermer des aliments de grandes valeurs nutritives, facilement digestibles et assimilables, afin d'éviter une trop grande fatigue de l'appareil digestif.

3°) RATION DE CROISSANCE.-

La ration de croissance de l'enfant doit être proportionnellement plus élevée que celle de l'adulte. La ration de l'enfant doit comporter davantage de protides, surtout des protides

animaux, des sels minéraux (sels de calcium, de phosphates), des vitamines A, C, D. Chez l'adolescent, les besoins en aliments plastiques et en vitamines sont encore plus élevés.

4) RATION DE LUTTE CONTRE LE FROID.

La ration alimentaire doit s'adapter aux climats et aux saisons. Quand il fait froid, la ration comporte plus de lipides, des glucides dont la valeur énergétique est grande.

5) RATION DE LUTTE CONTRE LA CHALEUR

Quand il fait chaud, la ration comporte moins de graisses, mais plus de légumes verts des fruits aqueux. Un complément d'eau et de sels est nécessaire pour compenser la quantité d'eau rejetée avec la sueur.

LES VITAMINES ET LES DIASTASES

I- LES VITAMINES

Les vitamines sont des substances chimiques organiques indispensables à la vie. Elles ne peuvent pas être synthétisées par l'organisme, c'est pourquoi elles doivent obligatoirement être apportées par la ration alimentaire en quantité suffisante (très faibles doses: les besoins en vitamines varient entre 0.001mg et 60mg). Leur absence a pour conséquence des maladies graves, parfois mortelles: maladies par carence ou avitaminose.

LES PRINCIPALES VITAMINES: CLASSIFICATION.-

Les vitamines, désignées par des lettres, sont classées en deux groupes suivant leurs solubilités:

- les vitamines solubles dans les graisses (lipides), ou liposolubles, telles que les vitamines A, D, E, K;
- les vitamines solubles dans l'eau, ou hydrosolubles, telles que les vitamines B (B₁, B₂, B₃, ou PP, B₆, B₁₂, etc.) et la vitamine C.

A.- VITAMINES LIPOSOLUBLES

1.- VITAMINE A OU ANTIXEROPHTALMIQUE (XEROPHTOL, RETINOL):

a) Sources.-

Elle est très répandue dans les aliments d'origine animale (foie, cerveau, beurre, jaune d'œuf, huîtres, viandes grasses), le foie de certains poissons, morue, maquereau, flétan. Cette vitamine se trouve également dans de nombreux légumes verts ou jaunes: persil, épinard, chou, laitue, cresson, surtout dans la carotte, la tomate, l'abricot, etc. Le carotène, pigment rouge associé à la chlorophylle dans les végétaux verts est la provitamine A; il peut se transformer en vitamine A par l'organisme. La vitamine A résiste assez bien à la chaleur et au contact de l'air.

b) Rôle.-

La vitamine A protège les tissus épithéliaux et stimule les glandes à une sécrétion normale. Elle exerce également une action protectrice sur le bon état des muqueuses de l'œil, de l'œsophage, du vagin, etc.; elle contribue à la croissance et au développement des os et des dents.

c) Carence.-

L'absence complète dans l'alimentation de la vitamine A conduit à des troubles de croissance (retard) et une maladie grave des yeux, la Xérophtalmie, elle se manifeste par la dessiccation et l'inflammation de la cornée à la cécité. Une carence partielle entraîne la cécité crépusculaire (perte de vision à la tombée de la nuit ou Héméralopie vespérale).

Le besoin quotidien en vitamine A est en moyenne $\frac{1}{4}$ de mg.

2.- VITAMINE D OU VITAMINE ANTIRACHITIQUE (CHOLECALCIFEROL).

a) Sources.-

La vitamine D n'existe que dans un petit nombre d'aliments: jaune d'oeuf, lait et beurre, graisse de bœuf, saindoux, hareng, sardine, saumon et surtout dans l'huile de foie de morue, de flétan, de carpe, de thon. Une cuillerée d'huile de foie de morue contient autant de vitamine D que 20 litres de lait.

b) Rôle.-

La vitamine D est indispensable à l'ossification et au bon fonctionnement du squelette, à la croissance. Elle permet la fixation des sels de Ca dans les os en réglant le rapport Ca qui est de 1,5 chez l'enfant, 1 chez l'adolescent, 0,7 chez l'adulte.

P La peau renferme des lipides spéciaux, les stérols (cholestérol, ergostérol), appelés provitamine D. Ce sont des corps inactifs, ils peuvent se transformer en vitamine D sous l'action des rayons ultra-violet. Donc, le soleil a une action bienfaisante sur la minéralisation des os; en agissant sur les cellules de la peau, il engendre la vitamine D.

c) Carence.-

Une carence en vitamine D entraîne le rachitisme, maladie causée par un déséquilibre du rapport Ca. Elle se manifeste par une calcification insuffisante des os et des dents.

P Les os des membres inférieurs restent mous et se déforment.

«L'avitaminose D est la plus répandue des avitaminoses, c'est pourquoi on exige que les embouteilleurs ajoutent de la vitamine D au lait.»

Le besoin en vitamine D est 1 mg par jour.

100

3.- VITAMINE E, OU VITAMINE ANTISTERILITIQUE (VITAMINE DE REPRODUCTION OU TOCOFEROL.-

a) Sources.-

La vitamine E existe dans les huiles végétales (arachides, soja, olive, palme), les légumes à feuilles vertes, laitue, cresson, les germes de céréales, dans les œufs, les viandes, le beurre, le foie, les rognons.

b) Rôle.-

La vitamine E intervient dans le phénomène de reproduction, chez le mâle, comme chez la femelle; elle joue un rôle essentiel dans le développement du fœtus et des cellules sexuelles mâles. Elle est nécessaire à l'équilibre neuromusculaire et elle est indispensable à la nutrition de la peau. Cette vitamine joue également un rôle actif dans la lutte contre l'asthme, les maladies cardiaques, l'état dépressif et les menstruations douloureuses.

c) Carence.-

La carence en vitamine E chez l'homme entrave le développement des spermatozoïdes et, chez la femme, elle provoque une tendance à l'avortement ou à l'accouchement prématuré. L'absence de cette vitamine provoque des troubles nerveux et musculaires non seulement chez l'adulte, mais encore et surtout chez l'être en voie de croissance. Le besoin en vitamine E est 0,025mg.

4.- VITAMINE K OU VITAMINE ANTIHEMORRAGIQUE (PHILLOQUINONE).-

a) Sources.-

La vitamine K existe sous forme de prothrombine dans les plantes vertes (choux, épinards, laitues, pomme de terre, carottes, avoines et maïs), les œufs, les graisses animales, fromage; les viandes, le foie.

b) Rôle et Carence.-

La vitamine K est nécessaire à la synthèse des protéines participant à la coagulation du sang. La carence en vitamine K provoque des hémorragies (saignement du nez, par exemple), le sang devient incoagulable.
Le besoin quotidien en vitamine K est de 1.8 mg.

B.- VITAMINES HYDROSOLUBLES.-

Ce sont les vitamines du groupe B, mélange de plusieurs substances (B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂), et la vitamine C. Ces vitamines jouent un rôle indispensable dans les oxydations cellulaires et dans l'utilisation des aliments par l'organisme.

1.- VITAMINE B₁, ANTIBERIBERIQUE, ANTINEVRITIQUE (ANEURINE OU THIAMINE).-

a) Sources.-

Cette vitamine, appelée Thiamine, existe dans les enveloppes des céréales, le foie, le lait, les rognons, le cœur, le jaune d'œuf, la levure de bière, les légumes verts, la viande fraîche, etc. Elle manque dans les aliments purifiés, huile, graisses, sucre, riz poli, farine blanche.

b) Rôle.-

Dans l'organisme, la vitamine B₁ joue un rôle important dans le métabolisme des glucides, facilitant leur assimilation et leur stockage dans le foie. Elle régularise le système nerveux et elle est nécessaire à la peau.

c) Carence.-

La carence en vitamine B₁ provoque des troubles du système nerveux et entraîne le béribéri, maladie grave, caractérisée par une paralysie des membres inférieurs et due à une paralysie des cellules nerveuses. Le besoin en vitamine B₁ est proportionnel à la quantité de glucides ingérés. Il est en moyenne de 1,5 mg par jour chez l'adulte.

2.- VITAMINE B₂ (OU RIBOFLAVINE) OU VITAMINE D'UTILISATION NUTRITIVE.

a) Sources.-

La vitamine B₂ est un pigment jaune, cristallisable, qui se trouve dans le lait; elle est abondante dans la levure de bière, les œufs, le foie de porc ou de bœuf, la viande, les légumineuses et la plupart des fruits, les épinards, les rognons, etc.

b) Rôle.-

La vitamine B₂ est indispensable à la croissance, au développement et à l'entretien des tissus. Elle joue un rôle dans le métabolisme des glucides, lipides et protides, en favorisant par exemple, l'absorption de glucose par l'organisme. Elle agit sur le système nerveux; elle est essentielle à une bonne vision.

c) Carence.-

La carence en vitamine B₂ entraîne chez un jeune animal, un arrêt de la croissance

et une diminution de la production de chaleur. L'absence de cette vitamine se traduit par de graves maladies de la nutrition, des troubles divers (trouble du système nerveux, trouble oculaire, troubles digestifs: diarrhées, etc.
Chez l'adulte, le besoin en vitamine B₆ est moyenne de 1.5 à 2 mg par jour.

3.- VITAMINE PP, OU B₆ OU NIACINE (ACIDE NICOTINIQUE)

a) Sources.-

La vitamine PP, appelée encore vitamine antipellagreuse, se trouve dans les levures, les arachides, les germes de blé, le rûgnon, la viande maigre, la volaille, le foie, etc. Mais elle manque dans le maïs.

b) Rôle.-

La vitamine PP intervient dans la formation de déshydrases (diastases capables d'enlever de l'hydrogène à certains corps chimiques). Elle joue un rôle important dans le métabolisme des glucides. Avec la riboflavine, elle régularise la respiration cellulaire. Elle est nécessaire au système nerveux et à l'appareil digestif.

c) Carence.-

La carence en vitamine PP provoque la pellagre, maladie caractérisée par des lésions de la peau et des troubles nerveux assez graves pouvant aller jusqu'à la démence. Chez l'adulte, le besoin en vitamine PP est de 16 mg à 18 mg par jour.

4.- VITAMINE B₅ (PYRIDOXINE OU ADERMINE)

a) Sources.-

La vitamine B₅ (C₈H₁₁O₂N) existe dans les levures de bière, de graines de céréales, le riz, le soja, le blé, le maïs, le lait, le foie.

b) Rôle.-

La vitamine B₅ est un facteur de nutrition cellulaire. Elle est nécessaire à la santé de la peau, des phanères. Elle est prescrite dans certaines affections de la peau, dans les tremblements, les excitations psychiques, les polyneurites et l'athérosclérose.

c) Carence.-

L'absence de la vitamine B₅ entraîne chez le jeune rat, l'arrêt de la croissance, l'anémie, une dermatose spéciale, l'acrodynie. La carence en cette vitamine provoque, chez l'homme, des affections cutanées.

5.- VITAMINE B₁₂ OU CYANOCOLABAMINE

a) Sources.-

La vitamine B₁₂ existe dans les levures de bière, le foie (où on l'a découverte), les légumes verts, le jaune d'œuf, les céréales.

b) Rôle et Carence.-

La vitamine B₁₂ agit sur la croissance et sur l'hématopoïèse (fabrication des globules rouges).

La carence en vitamine B₁₂ provoque la maladie de Biermer (anémie pernicieuse). La vitamine B₁₂ constitue la thérapeutique de base de cette maladie. *«Les végétariens exclusifs doivent se procurer de la vitamine B₁₂ pour assurer la formation de leurs globules rouges et éviter l'anémie.»*

6.- VITAMINE C OU VITAMINE ANTISCORBUTIQUE.

a) Sources.-

La vitamine C, appelée encore acide ascorbique (de formule $C_6H_8O_6$), est abondante dans les légumes verts, dans les tomates crues, le cresson, les choux, dans les fruits frais acides (oranges, citrons, cerises, framboises), dans le lait, les huîtres, le foie cru. La vitamine C est la plus fragile des vitamines; elle est détruite par la chaleur et le contact de l'air.

«L'exposition d'un jus à l'air ambiant détruit rapidement la vitamine C de ce jus. La pasteurisation diminue la teneur du lait en vitamine C.»

b) Rôle.-

La vitamine C est indispensable aux enfants comme aux adultes. Dans l'organisme, la vitamine C joue un rôle important dans le métabolisme des glucides et dans le fonctionnement des glandes endocrines (la cortico-surrénale), dans la cicatrisation des plaies. Elle affermit la gencive, préserve les tissus conjonctifs et retarde le vieillissement. C'est un agent de défense contre les infections comme la grippe, les rhumes, etc.

c) Carence.-

L'absence de la vitamine C provoque une maladie grave mortelle, le scorbut, caractérisée par des hémorragies, des troubles digestifs, l'inflammation des gencives, la chute des dents, des douleurs musculaires. Sa carence provoque également la rougeur, le gonflement et le saignement des gencives, etc.

L'usage exclusif du lait stérilisé peut faire apparaître le scorbut chez le jeune enfant. On peut remédier à ces troubles par simple ingestion du jus de citron. Le besoin en vitamine C est d'environ 75 mg par jour.

7) ACIDE FOLIQUE.-

Parmi les autres vitamines indispensables à l'organisme, on peut citer l'acide folique, par exemple.

a) Sources.-

Cette vitamine existe dans le foie, les légumes verts, les œufs, les céréales, etc.

b) Rôle et Carence.-

Il joue le rôle de coenzyme dans le métabolisme des acides nucléiques. La carence en acide folique provoque l'anémie pernicieuse, la diarrhée.

D.- RÔLE DES VITAMINES.-

Les vitamines agissent dans l'organisme en permettant une bonne utilisation des autres aliments. Elles sont indispensables à doses minimales au bon fonctionnement de l'organisme. On leur attribue un rôle de catalyseur, c'est-à-dire qu'elles permettent l'activation de certaines réactions chimiques de la vie cellulaire, en particulier, les oxydations.

II.- DIASTASES OU ENZYMES.-

L'action des sucs digestifs sur les aliments est facilitée par des substances azotées contenues dans les sucs digestifs et qui agissent à la façon d'un catalyseur, appelées diastases.

1.- DÉFINITION.-

Une diastase ou biocatalyseur est un principe actif, élaboré par la matière vivante et pouvant agir en dehors de l'organisme qui l'a produite.

2.- PREPARATION DES DIASTASES.-

Pour obtenir des diastases, on utilise surtout des levures, des graines germées et des tissus d'animaux très actifs (muscles, glandes).

- a) les exodiasases s'obtiennent par macération dans l'eau. (par exemple l'amylase des céréales).
- b) les endodiasases s'obtiennent soit par autolyse des cellules, soit par fortes pressions. On obtient la zymase en broyant les cellules des levures et en soumettant le broyat à une pression de plusieurs atmosphères.
Les diastases ainsi obtenues doivent être purifiées.

3.- PROPRIETES DES DIASTASES.-

a) SOLUBILITE DES DIASTASES.-

Purifiées et desséchées, les diastases se présentent soit sous forme de poudres amorphes, blanches ou colorées, soit sous forme cristallisée (papaine). Elles sont solubles dans l'eau, dans le glycérol et insoluble dans l'alcool, dans certaines solutions salines.

b) ACTIVITE DES DIASTASES.-

Les diastases agissent à très faibles doses. On exprime l'activité des diastases par le nombre de molécule de substances produites ou décomposées par unité de temps et par unité de masse de diastase dans les conditions bien déterminées de pH, de température et de concentration. Ainsi: 1 partie d'amylase hydrolyse 4.000 parties d'amidon et 1 partie de présure coagule 800.000 parties de caséine, soit 72.300.000 fois son poids de lait en 10 minutes.

c) INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LES DIASTASES.-

Les diastases peuvent résister à de très basse température. L'action des diastases est très faible à 0°C; pour une température plus basse, elle devient nulle.

Cette action est maximum pour un optimum de température compris entre 40 et 60°C suivant l'enzyme et elle s'annule entre 70 et 80°C. En milieu aqueux, les diastases sont détruites, mais à sec, elles peuvent résister jusqu'à 40°C.

d) SPECIFITE DES DIASTASES.-

Une diastase catalyse une réaction chimique déterminée, on parle de spécification stricte: La saccharase n'agit que sur le saccharose; la ptyaline n'agit que sur l'amidon, elle n'agit pas sur le saccharose.

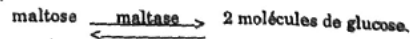
On explique cette spécificité par l'existence de relation entre la structure de l'enzyme et celle de la substance.

D'autres diastases peuvent non seulement agir sur une substance, mais sur tous les corps qui possèdent la même fonction chimique. On parle de spécificité de groupe ou de fonction.

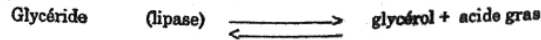
Par exemple, la lipase est spécifique non pas à un ester, mais à la fonction ester.

E.- REVERSIBILITE DES DIASTASES.-

L'action des diastases peut avoir lieu dans deux sens inverses l'un de l'autre, si bien qu'il en résulte un état d'équilibre. L'action de la maltase dans l'hydrolyse du maltose conduit à l'équilibre suivant:



Les lipases ont aussi une action réversible: elles hydrolysent les lipides, mais elles peuvent aussi les synthétiser à partir des produits d'hydrolyse.



- 4.- **PRODIASTASES ET ACTIVATEURS.** Les diastases ne sont pas toujours actives. Elles peuvent être dissimulées par combinaison avec une autre substance et elles sont alors inactives. Ce sont des prodiastases. Sous l'action des substances appelées activateurs, les prodiastases libèrent les diastases actives.

La pepsinogène existe dans la muqueuse gastrique où il est inactif; en solution acide, il se transforme en pepsine active. Les substances telles que HCl et aussi les ion Ca^{2+} et la thrombokinas sont nécessaires à la transformation du thrombinogène en thrombine. L'entérokinase, diastase résultant de l'action du suc intestinal sur une prokinase pancréatique se transforme en trypsine.

À côté des activateurs, il existe des substances qui diminuent la vitesse des réactions diastasiques: ce sont les inhibiteurs.

5.- COMPOSITION DES DIASTASES.

Tout système diastasiqye comporte 2 éléments:

- un support colloïdal, constitué de grosses molécules protidiques. À ce support on donne le nom de complémentaire activante ou apo-diaatase.
- une partie active absorbée par le support colloïdal ou co-diaatase, douée de propriété catalytique.

Des recherches assez récentes ont démontré que beaucoup de diastases sont des complexes à 2 constituants. On a pu obtenir un système se comportant comme une diastase et doué de pouvoir oxydant: À une solution de glycogène on ajoute une solution de MnCl_2 , les ions Mn^{2+} se fixent sur les molécules de glycogène et l'ensemble forme un système oxydant.

6.- MECANISME D'ACTION DES DIASTASES.

Les phénomènes diastasiqye peuvent être comparés à des réactions chimiques dans lesquelles, la vitesse correspondrait à une proportion définie des constituants (diastase - substrat). Dans le déroulement de ce phénomène, la co-diaatase réalise l'activation et la transformation du substrat. L'apo-diaatase intervient pour favoriser la combinaison entre co-diaatase et substrat. Elle ne possède pas uniquement un rôle passif, elle permet à la co-diaatase de réagir.

Donc pour qu'il y ait attaque d'une substance par une diastase il faut que:

- la substance puisse se fixer sur l'apo-diaatase;
- ce soit une matière chimique susceptible d'être transformée par la co-diaatase.

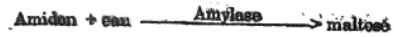
Quelque soit le rôle respectif des 2 parties d'une diastase, elle intervient en définitive comme catalyseur. Elle oriente la transformation d'une substance dans un sens bien défini.

7.- CLASSIFICATION DES DIASTASES.

D'après la nature des réactions de décomposition opérées par les diastases, on distingue 2 groupes de diastases:

Les diastases hydrolysantes ou hydrolases:
Ce sont les diastases de la digestion. Elles catalysent la décomposition des substances après fixation d'eau. D'après la nature des corps hydrolases, les hydrolyses se divisent en:

- a) osidases qui hydrolysent les osides en oses (glucose, lévulose, etc.) Exemple:
l'amylase qui transforme l'amidon et le glycogène en maltose; ce dernier est transformé en glucose par la maltase intestinale.



- lipases, qui hydrolysent les lipides en glycérol et acides gras.

- b) protéases, qui hydrolysent les protides en polypeptides, puis en acides aminés: la protéase gastrique ou pepsine, la protéase pancréatique ou trypsiné, la protéase intestinale ou écrepsine.

Les produits d'hydrolyse, formés par l'action des hydrolases sont appelés des métabolites: ce sont les oses pour les glucides, les savons pour les lipides, et les acides aminés pour les protéines.

- 2°) Les desmolases c. : oxydo-réductases qui catalysent les réactions d'oxydoréduction biologiques. Elles dégradent les molécules organiques et les transforment en CO_2 , H_2O et en déchets azotés avec dégagement d'énergie. Ce sont les diastases de la respiration: oxydases, deshydrases, carboxylases.

L'APPAREIL DIGESTIF

L'appareil digestif comprend:
le tube digestif et les glandes digestives qu'on appelle aussi glandes annexes.

A. LE TUBE DIGESTIF.-

Le tube digestif s'étend de la bouche à l'anus. Il comprend:
la bouche avec les dents et la langue, le pharynx, l'œsophage, l'intestin grêle et le gros intestin.

1.- LA BOUCHE ET LES DENTS.-

A) LA BOUCHE.-

C'est le lieu où se transforment les aliments courants en aliments utilisables par les cellules ou nutriments. La bouche est une cavité limitée en avant par les deux lèvres, sur les côtés par les joues, en haut par la voûte du palais, en bas par le plancher buccal, en arrière par le voile du palais, prolongé par la luette. Elle joue un rôle important dans la digestion grâce aux dents, à la langue et aux glandes salivaires.

B) LES DENTS.-

Les dents sont des organes durs implantés sur le bord des maxillaires dans des cavités appelées alvéoles dentaires.

1°) FORME DES DENTS.-

Une dent comprend les trois parties suivantes:

- a) la couronne, blanche, visible au-dessus de la gencive;
- b) la racine, logée dans l'alvéole dentaire;
- c) le collet, rétrécissement séparant la couronne de la racine.

La forme des dents varie. Chez l'homme adulte, on distingue par demi-mâchoire d'avant en arrière:

- 2 incisives, à couronne tranchante et à racine simple: ce sont des dents préhensibles et coupantes;
- 1 canine, à couronne pointue et à racine simple, elle déchire les aliments;
- 2 prémolaires, à couronne large, broyeuse, avec 2 tubercules arrondis et une racine double;
- 3 molaires à couronne large, broyeuse avec 4 tubercules arrondis et 3 racines.

La formule dentaire de l'adulte (32 dents) s'écrit sous la forme:

$$\frac{2}{2} I + \frac{1}{1} C + \frac{2}{2} PM + \frac{3}{3} M$$

Les numérateurs représentent les dents de la demi-mâchoire supérieure et les dénominateurs celles de la demi-mâchoire inférieure.

2°) DENTITION.-

La dentition est la formation et la poussée naturelle des dents.

LES DEUX DENTITIONS.-

Les 20 premières dents dites temporaires ou dents de lait apparaissent chez le bébé entre 6 et 30 mois. Elles tombent à partir de 7 ans, leur racine est digérée par la gencive. Ces dents sont peu à peu remplacées entre 7 et 12 ans par des dents dites permanentes. La formule dentaire de l'enfant (20 dents) est:

$$\frac{2}{2} I + \frac{1}{1} C + \frac{2}{2} PM$$

Toutefois, les 4 dernières molaires appelées dents de sagesse n'apparaissent que vers 25 à 30 ans; parfois, elles ne poussent jamais.

3°) STRUCTURE D'UNE DENT.-

En coupe longitudinale, une dent montre quatre parties essentielles:

- a) L'émail, tissu blanc, très calcifié et très dur, avec, en dessous, l'ivoire, qui recouvre la couronne. Il est recouvert d'une couche plus dure encore: la cuticule. (l'émail est la matière la plus dure du corps humain).
- b) L'ivoire, substance osseuse, minéralisée, représente sous l'émail, la partie principale de la dent. Il entoure la pulpe dentaire dans la couronne, comme dans la racine.
- c) Le cément, tissu osseux jaunâtre dont les fibres s'unissent étroitement au périoste de l'os de la mâchoire et retiennent la dent dans son alvéole. Il recouvre l'ivoire de la racine.
- d) La pulpe dentaire, logée dans l'ivoire est un tissu conjonctif irrigué par une artériole et une veinule, innervé par un petit nerf qui donne sa sensibilité à la dent (nerf dentaire).

C.- LA LANGUE.-

La langue est un organe musculéux, allongé, très mobile en avant et qui est fixée en arrière sur le plancher buccal. La surface est recouverte par une muqueuse qui forme à la partie inférieure, un repli, le frein de la langue. Cette muqueuse est parsemée de papilles:

- les papilles tactiles;
- les papilles gustatives.

1°) Les papilles tactiles peuvent être filiformes ou corolliformes et sont nombreuses à la pointe de la langue.

2°) Les papilles gustatives sont de deux sortes:

- les papilles caliciformes qui sont peu nombreuses, volumineuses, et qui forment le V lingual, en arrière de la langue, avec le trou borgne, au sommet du V.
- les papilles fongiformes qui sont abondantes et ressemblent à petits champignons.

La langue joue un rôle dans la succion, l'insalivation, la mastication, la déglutition des aliments et aussi dans l'articulation des sons, du langage, etc.

LE PHARYNX.-

Le pharynx est une cavité continuant la bouche derrière le voile du palais, de chaque côté duquel sont 2 replis, les piliers du voile entre lesquels se trouvent les amygdales. C'est un

carrefour où se croisent les voies digestives et respiratoires. Les voies respiratoires peuvent s'obturer au cours de la déglutition par le jeu de 2 replis membraneux; en haut, par le voile du palais qui, en se soulevant, ferme les fosses nasales; en bas, par l'épiglotte qui, en se rabattant, forme l'orifice du larynx.

3- L'ŒSOPHAGE.-

L'œsophage est un long tube (25 cm), musculéux, situé en arrière de la trachée-artère et qui fait suite au pharynx. Il traverse le diaphragme et aboutit à l'estomac dans l'abdomen. La paroi de l'œsophage présente 2 tuniques superposées : l'une, externe, formée de fibres longitudinales et l'autre, interne, formée de fibres circulaires. La muqueuse œsophagienne possède de petites glandes à mucus.

4- L'ESTOMAC.-

A.- ANATOMIE.-

L'estomac est une vaste poche d'environ 1.500 cm³ de capacité; situé sous le diaphragme, en haut et à gauche de la cavité abdominale, il a la forme d'un J majuscule ou d'une cornemuse ou d'un sac. Il est situé entre l'œsophage et l'intestin grêle. Il communique d'une part avec l'œsophage par un orifice appelé cardia, et d'autre part avec la première partie de l'intestin grêle (duodénum) par un orifice appelé pylore, fermé par la valvule pylorique.

La paroi de l'estomac présente deux tuniques:

- une tunique musculaire formée de fibres circulaires longitudinales et des fibres obliques.
- une tunique conjonctive qui n'est autre que le repli du péritoine entourant l'estomac.

B.- MUQUEUSE GASTRIQUE.-

La muqueuse interne de l'estomac possède de nombreuses glandes microscopiques qui sécrètent le suc gastrique riche en acide chlorhydrique.

5- L'INTESTIN GRELE.-

A.- ANATOMIE.-

A l'estomac fait suite l'intestin grêle, tube de 1 à 3 cm de diamètre et de 3 à 6 m de long. Il est situé entre l'estomac et le gros intestin. Il se replie dans l'abdomen en donnant de nombreuses sinuosités ou circonvolutions intestinales ou anses intestinales. L'intestin grêle comprend 3 parties: le duodénum (15 cm environ), qui forme la première anse; le jéjunum, constitué par des anses horizontales; l'iléon constitué par des anses verticales, s'ouvre dans le gros intestin par la valvule iléo-cœcale qui empêche les matières parvenues dans le gros intestin de refluer dans l'intestin grêle. L'intestin grêle est enveloppé par le mésentère, portion du péritoine.

B.- MUQUEUSE INTESTINALE.-

Sa paroi interne présente de nombreux replis de 1cm environ (valvules conniventes hérissées de petites villosités). Entre les villosités se trouvent de nombreuses glandes microscopiques qui sécrètent le suc intestinal. Valvules et villosités augmentent la surface interne de l'intestin grêle. Enfin, au niveau d'une villosité, des vaisseaux lymphatiques ou chylifères et les capillaires sanguins ne sont séparés de l'intestin que par un épithélium très mince.

6- LE GROS INTESTIN OU COLON.-

Le gros intestin ou colon est un tube bosselé de 1,50 mètre environ de long et 7 cm de

diamètre. Il est situé entre l'intestin grêle et le rectum terminé par l'anus. Il débute par un cul-de-sac, le cœcum, prolongé par un petit tube fermé au bout, en forme de ver, l'appendice dont l'inflammation est l'appendicite. Le côlon comprend ensuite une branche ascendante à droite (côlon ascendant), une branche transverse (côlon transverse), une branche descendante à gauche (côlon descendant) se terminant par le rectum qui s'ouvre au dehors par l'anus.

LES GLANDES DIGESTIVES.-

Les glandes digestives déversent dans le tube digestif des liquides appelés sucs digestifs, sécrétés par leurs cellules sécrétrices et qui ont la propriété de transformer les aliments. Elles comprennent les glandes salivaires, les glandes gastriques, le pancréas, le foie, les glandes intestinales.

1.- LES GLANDES SALIVAIRES.-

Elles sont au nombre de 3 paires: elles sécrètent la salive que des canaux conduisent dans la bouche.

On distingue selon leur position:

- Les glandes parotides, situées sous la peau au voisinage de l'oreille; leur inflammation cause les oreillons. Leur canal excréteur (canal de Sténon) s'ouvre sur la face interne de la joue, au niveau de la 2^e molaire supérieure. Elles pèsent environ 25 grammes.
- Les glandes sous-maxillaires, plus petites (6 grammes), situées dans l'angle interne du maxillaire inférieur. Leur canal excréteur (canal de Wharton) débouche en arrière des incisives inférieures.
- Les glandes sublinguales, plus petites encore situées sous la pointe de la langue. Leurs canaux excréteurs, très nombreux (15 à 30), débouchent aussi sous la langue en arrière des incisives inférieures par un canal principal (canal de Rivinus).

2.- LES GLANDES GASTRIQUES.-

Ce sont des microscopiques glandes localisées dans la muqueuse interne de l'estomac. Elles sont au nombre de 6 à 7 millions. Les glandes gastriques sécrètent le suc gastrique, riche en HCl. Ce sont les glandes en tubes simples ou composés. Elles sont formées de 2 types de cellules: les cellules bordantes qui limitent la cavité de la glande et qui sécrètent de l'HCl, et les cellules principales qui produisent de la pepsine.

3.- LE PANCREAS.-

C'est une grosse glande en grappe, allongée, pesant 70g. Il est situé sous l'estomac dans l'anse du duodénum. Le pancréas présente une partie renflée (tête) appliquée contre le duodénum et une extrémité effilée (queue) qui se dirige vers la rate. Son canal excréteur, le canal pancréatique (canal de Wirsung) déverse dans l'intestin grêle le suc pancréatique sécrété par le pancréas. Ce canal débouche avec le canal cholédoque venant du foie dans une petite cavité, l'ampoule de Vater qui s'ouvre dans le duodénum.

REMARQUE.-

Le pancréas est une glande mixte (amphicrine):
une glande à sécrétion externe (glande exocrine) par les acini pancréatiques qui sécrètent le suc pancréatique;
une glande à sécrétion interne (glande endocrine) par les îlots de Langerhans dépourvus de canaux sécréteurs et dont les produits de sécrétion sont:
- l'insuline hormone hypoglycémisante, sécrétée par les cellules bêta (β);
- le glucagon, hormone hyperglycémisante, sécrétée par les cellules alpha (α);
- la somatostatine, sécrétée par les cellules delta (δ).

4- LES GLANDES INTESTINALES.-

La muqueuse de l'intestin grêle possède de nombreuses et microscopiques glandes, les glandes intestinales qui sécrètent le suc intestinal. Ces glandes sont de 2 sortes: les unes en grappe, plus ou moins volumineuses (3 mm) sont localisées au niveau du duodénum et les autres, en tubes, plus petites (0,25 mm) et plus nombreuses, sont répandues sur toute la longueur de l'intestin grêle. De nombreuses glandes muqueuses sécrètent un liquide épais (le mucus) qui lubrifie tout l'intérieur du tube digestif. Le gros intestin ne possède pas de glandes digestives.

5- LE FOIE ET SES FONCTIONS.-

A.- ANATOMIE DU FOIE.-

Le foie est une glande volumineuse de couleur brun rouge, pesant 2 kg. Il est situé à droite sous le diaphragme et au dessus de l'estomac qu'il recouvre. Sa face supérieure convexe et lisse se moule sur le diaphragme. Sa face inférieure concave est divisée en quatre lobes inégaux par 3 sillons en H; 2 sillons antéropostérieurs et un sillon médian ou hile du foie. Les 4 lobes du foie sont: le lobe droit, le lobe gauche, le lobe antérieur (ou lobe carré) et le lobe postérieur (ou lobe de Spiegel). Sous ces lobes se trouve une poche verdâtre, la vésicule biliaire où s'accumule la bile. La bile, sécrétée par le foie, sort au niveau du hile par le canal hépatique qui se divise en un canal (canal cystique) se rendant à la vésicule biliaire, et en canal cholédoque qui débouche dans le duodénum, près du pylore.

Par le hile pénètrent les vaisseaux sanguins: la veine porte qui amène au foie le sang venant des capillaires ayant irrigué les intestins, l'estomac, le pancréas, le foie et l'artère pulmonaire, l'artère hépatique, issu de l'artère aorte, lui apporte également du sang oxygéné dont il a besoin. A la sortie du foie, le sang est collecté par les veines sus-hépatiques qui se rendent à la veine cave

B.- LES FONCTIONS DU FOIE.-

Les fonctions du foie sont multiples, il est à la fois glande à sécrétion externe par la sécrétion de la bile et glande à sécrétion interne par ses fonctions glycogénique et uréopoiétique. Il possède en outre la propriété d'accumuler les graisses dans ses cellules (fonction adipogénique) et celle de détruire les vieux globules rouges et d'en fabriquer de nouveaux (fonction hématolytique et hématopoiétique).

a) FONCTION BILIAIRE.-

La sécrétion de la bile s'opère dans les cellules hépatiques, car les éléments qui la composent ne préexistent pas dans le sang. La bile s'expulse par les canalicules intra-lobulaires jusqu'aux canalicules périlobulaires, et de là, au canal hépatique. Le canal hépatique, très court, se divise presque immédiatement en deux: le canal cystique qui conduit la bile dans la vésicule biliaire où elle s'accumule entre les repas, et le canal cholédoque qui la conduit au duodénum dans l'ampoule de Vater.

La quantité de bile journalièrement formée est d'environ un kilogramme. Jaune à la sortie du foie, elle verdit lorsqu'elle séjourne dans la vésicule biliaire où lorsqu'elle est exposée à l'air. Lorsque, pour une raison quelconque, la bile ne peut être rejetée ou lorsque ses éléments rentrent dans le sang, elle imprègne les tissus qui prennent une teinte jaunâtre: c'est la jaunisse ou ictère.

b) FONCTION GLYCOGENIQUE.-

La fonction glycogénique régularise la teneur du sang en glucose. Cette fonction a été étudiée par Claude BERNARD qui a montré que le foie accumulait sous forme de

glycogène l'excès de glucose absorbé et le restituait au fur et à mesure, aux besoins de l'organisme. L'organisme a un besoin constant de glucose puisqu'il dépense constamment de l'énergie; ce glucose ne lui est fourni qu'au moment de l'absorption, et d'autre part, le sang ne peut en contenir plus de $\frac{3}{1000}$, sinon l'excès passe dans

1000

l'urine: c'est pour maintenir constante le teneur du sang en glucose qu'intervient le foie.

c) FONCTION ANTITOXIQUE.-

Le foie détruit les toxines sécrétées par les bactéries de l'intestin et entraînées par le chyle lors de l'absorption. Il les décompose en produits non toxiques. -

Le foie peut de même arrêter sans le décomposer des toxiques minéraux en petites quantités, tels que : sels de cuivre, de mercure, etc. Il détruit enfin les toxines végétales introduites par voie digestive. C'est ainsi qu'une certaine dose de morphine est moins efficace par voie buccale que par piqûre et que certains poisons violents deviennent inoffensifs, introduits dans le tube digestif.

d) FONCTION UREOPOIETIQUE.-

Le foie est le principal producteur d'urée qu'il fabrique aux dépens des acides aminés et des sels minéraux provenant de l'assimilation de substances albuminoïdes. Les dosages du sang montrent que la veine hépatique charrie environ deux fois plus d'urée que la veine porte ou que l'artère hépatique. L'urée déversée dans le sang est éliminée par les reins.

e) FONCTION HEMATOLYTIQUE ET HEMATOPOIETIQUE.-

Le foie possède la double propriété de détruire les globules rouges et d'en produire de nouveaux. On constate en effet que le sang est moins riche en hématie à la sortie du foie; celles-ci sont phagocytées par les leucocytes. L'hémoglobine détruite est l'élément colorant de la bile, et le fer provenant de cette hémoglobine est mis en réserve pour la formation de nouveaux globules rouges. Cette formation peut se faire dans le foie même, particulièrement chez l'embryon qui compense la carence de cet élément dans le régime lacté. Le foie accumule le fer amené par l'alimentation et celui qui provient de la destruction de l'hémoglobine.

f) FONCTION ADIPOGENIQUE ET ADIPOLYTIQUE.-

Le foie possède la propriété d'accumuler les graisses dans ses cellules et, si besoin en est, de les détruire pour nourrir l'organisme. Ces graisses sont directement absorbées sous cette forme ou bien proviennent de la transformation des sucres opérés par le foie lui-même.

g) FONCTION FIBRINOGENIQUE ET ANTICOAGULANTE.-

Le foie produit le fibrinogène du sang. D'autre part, il fabrique une substance anticoagulante qu'il déverse dans le sang.

h) FONCTION THERMOGENIQUE.-

Le foie joue un rôle important dans la régulation thermique, pour l'augmentation de la thermogénèse dans la lutte contre le froid grâce à la consommation du glycogène hépatique.

i) FONCTION VITAMINOGENIQUE.-

C'est dans le foie que le carotène, provitamine A se transforme en vitamine A. Le foie de certains poissons (Morue, Flétan) est également un lieu de dépôt de vitamine D. «On l'a surnommé *Laboratoire de l'organisme, pour rappeler qu'il est le siège des réactions chimiques nombreuses et variées.*»

LA DIGESTION DES ALIMENTS

Au cours de la digestion des aliments, deux séries de phénomènes s'accomplissent parallèlement tout au long du tube digestif: les uns, purement mécaniques (trituration, brassage...), provoqués par les contractions des fibres musculaires du tube digestif et les autres chimiques, sont dus à l'intervention des sucs digestifs (suc gastrique, pancréatique, intestinal...) sécrétés par les diverses glandes digestives.

La digestion mécanique a pour effet de fragmenter les aliments ingérés en particules de plus en plus fines facilitant ainsi:

- l'imprégnation des aliments par les sucs digestifs;
- les actions chimiques, lesquelles s'exercent dans la masse même des aliments, le passage des aliments par les orifices du tube digestif.

I.- LA DIGESTION BUCCALE.-

Au niveau de la bouche ont lieu la mastication des aliments (action mécanique) et l'insalivation (action chimique).

a) LA MASTICATION.-

Les aliments solides sont saisis et coupés par les incisives, déchirés par les canines, broyés par les prémolaires et les molaires. Les dents sont aidées dans leur action par le mouvement d'élévation, d'abaissement, de latéralité de la mâchoire inférieure. La langue intervient en ramenant constamment les aliments sous les dents. La mastication est un acte réflexe dont le centre nerveux se trouve dans le bulbe rachidien. La volonté n'intervient qu'au début et à la fin de cet acte.

b) L'INSALIVATION (DIGESTION SALIVAIRE).-

Au travail mécanique de la mastication, s'ajoute l'insalivation. Imprégnés de salive, les aliments solubles, comme le sucre, sont dissous; les aliments solides se ramollissent et se lubrifient, ils se transforment en une masse molle et humectée: le bol alimentaire.

1.- SECRETION DE LA SALIVE.-

Les glandes salivaires sécrètent en moyenne 300 à 500g. de salive par jour. Cette sécrétion est continue, mais elle est plus intense au moment des repas. La sécrétion salivaire est un acte réflexe. Entre les repas elle est provoquée par les mouvements de la mâchoire inférieure. Elle peut être déclenchée par des excitations gustatives; toute excitation de la muqueuse linguale détermine par voie réflexe la sécrétion salivaire. Si on donne un morceau de viande à un chien, le contact de celle-ci avec la muqueuse de la bouche et de la langue déclenche la sécrétion salivaire.

La sécrétion salivaire peut être déclenchée par la seule vue d'un plat savoureux, c'est un réflexe conditionnel.

2.- COMPOSITION DE LA SALIVE.-

La salive est un liquide incolore, visqueux. Elle est formée en grande partie d'eau, des sels minéraux, des chlorures alcalins (sodium, potassium), de phosphate de calcium, des traces de sulfocyanure de potassium. Ces sels, en se déposant sur les dents, forment la tartre. Elle contient également un mucus; la mucine qui la rend filante. Une diastase qui est responsable de la transformation chimique des aliments: l'amylose souvent appelée ptyaline est nécessaire à l'hydrolyse de l'amidon.

3.- ACTION DE LA SALIVE.-

L'introduction d'un aliment dans la bouche provoque une sécrétion abondante de salive provenant des 3 paires de glandes salivaires, d'où 3 types de salive. Dans la bouche la salive est mixte; chacune d'elles joue un rôle dans la digestion buccale; -

- la salive d'origine parotidienne est limpide et fluide, par son action amolissante, elle joue un rôle dans la mastication; -
- la salive sous-maxillaire, visqueuse, est la salive de la gustation;
- la salive sublinguale, très épaisse; par son action lubrifiante, elle facilite le glissement du bol alimentaire lors de la déglutition.

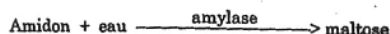
• Par la ptyaline, elle transforme l'amidon et les féculents cuits en sucre soluble (maltose).

I.- DIGESTION ARTIFICIELLE DE L'AMIDON.-

Dans 3 tubes à essais identiques renfermant une même quantité d'empois d'amidon dilué et refroidi, on verse quelques gouttes d'eau iodée de façon à faire apparaître la coloration bleue caractéristique de l'amidon. Le tube A contient uniquement l'amidon et l'eau iodée; au tube B on ajoute de la salive et au tube C on ajoute un peu de salive et quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

On place les 3 tubes dans un bain-marie à 40°C. Au bout de quelques minutes, on observe un changement de coloration dans le tube B; l'empois d'amidon, préalablement bleui par l'eau iodée, vire progressivement au violet, puis au rouge pour prendre finalement la coloration jaune de l'eau iodée très diluée. Donc, l'amidon a disparu.

On verse le contenu du tube dans la liqueur de Fehling bouillante, il se forme un précipité rouge: l'amidon s'est transformé en un sucre réducteur. Donc, la salive renferme une diastase, capable de transformer l'amidon en sucre, c'est une amylase.



Le contenu du tube A ne change pas de couleur, ce qui explique le rôle joué par l'amylase dans la transformation de l'amidon en maltose. Pour le tube C on constate que la diastase salivaire ne peut agir en milieu acide. Le suc gastrique étant riche en acide chlorhydrique, l'action de l'amylase salivaire cesse à l'entrée de l'estomac.

DEGLUTITION.-

C'est l'ensemble des phénomènes intervenant dans le passage des aliments de la bouche dans l'estomac. La déglutition des aliments se fait en 3 temps:

1°) TEMPS BUCCAL.-

C'est dans la bouche qu'à lieu la première phase de la déglutition. La langue, appliquée contre le palais, provoque le glissement du bol alimentaire bien imprégné de salive vers le pharynx. Ce mouvement de la langue est un acte volontaire.

2°) TEMPS PHARYNGIEN.-

- Il est très court. Pendant ce temps, la respiration est momentanément suspendue. Les orifices faisant communiquer les voies respiratoires et digestives sont fermés: -

La luette se relève et applique son extrémité contre la face postérieure du pharynx et ferme la voie des fosses nasales.

- La base de la langue est rejetée en arrière, tandis que les piliers du voile du palais se rapprochent l'un de l'autre et ferment l'orifice postérieur de la cavité buccale.

- La glotte et l'épiglotte, en se rejoignant, ferment la voie de la trachée-artère. Le bol alimentaire, pressé par la contraction des parois musculaires du pharynx, est propulsé dans l'œsophage.

3°) TEMPS ŒSOPHAGIEN.-

Au niveau de l'œsophage, le bol alimentaire progresse grâce à la contraction des muscles circulaires œsophagiens. Il se produit un rétrécissement annulaire qui se propage vers l'estomac: c'est un mouvement péristaltique qui conduit de proche en proche le bol alimentaire dans l'estomac où il pénètre par le cardia.

Les mouvements de progression du bol alimentaire dans le pharynx et l'œsophage sont des actes réflexes. Ils ne sont déclenchés, que si le bol alimentaire est bien imprégné de salive (impossibilité d'avaler un comprimé ou un cachet sans le mouiller suffisamment).

III.- LA DIGESTION GASTRIQUE.-

Dans l'estomac, les aliments sont soumis à 2 séries de phénomènes:

les uns mécaniques, déterminés par la contraction des muscles de l'estomac, les autres, chimiques.

PHENOMENES MECANIQUES.-

Les phénomènes mécaniques tels que: brassage, progression, évacuation des aliments par le pylore, peuvent être observés aisément sur l'écran radioscopique si l'on fait absorber à un individu une bouillie barytée, opaque aux rayons X. Les bols alimentaires s'accumulent d'abord dans l'estomac et le distendent. Puis, par contraction et relâchement alternatif des fibres musculaires de l'estomac, les orifices d'entrée et de sortie de l'estomac se ferment. Les aliments sont ainsi brassés et mélangés avec le suc gastrique.

PHENOMENES CHIMIQUES.-

Pendant leur séjour dans l'estomac les aliments sont soumis à l'action du suc gastrique, sécrété par les glandes de la paroi de l'estomac.

LE SUC GASTRIQUE ET SON ACTION.-

On observe la sécrétion du suc gastrique d'un animal en pratiquant une fistule gastrique.

1.- EXTRACTION.-

Pour pratiquer une fistule gastrique, on incise la paroi abdominale d'un chien, on attire l'estomac dans la blessure, on le fixe à la paroi abdominale et on y pratique une sorte de boutonnière où l'on introduit une canule d'argent sur laquelle on adapte un récipient. Le suc gastrique obtenu par ce procédé n'est pas pur, il contient de la salive et des débris d'aliments.

Un autre procédé plus délicat permet d'obtenir du suc gastrique très pur. On isole une partie de l'estomac, sans toucher aux nerfs et aux vaisseaux qui s'y rendent. Cette portion de l'estomac (petit estomac) n'a pas d'aliments et la fistule pratiquée à cet endroit laisse écouler du suc gastrique pur.

2.- SECRÉTION DU SUC GASTRIQUE.-

La sécrétion du suc gastrique n'est pas continue. A jeûn, l'estomac ne contient pas de suc gastrique. Les glandes gastriques sécrètent au moment des repas. La quantité de suc produit en 1 heure est de 3 à 5 litres. On distingue 2 types de sécrétions: la sécrétion psychique et la sécrétion chimique.

a) SECRETION PSYCHIQUE (EXPERIENCE DU REPAS FICTIF DU PAVLOV).-

On fait absorber de la viande à un chien à jeun pendant 15 heures, porteur d'une fistule gastrique et dont l'œsophage a été sectionné. Cette viande mastiquée, puis déglutie, se trouve dans l'impossibilité d'arriver dans l'estomac. Cependant 5 minutes après le début du repas, on constate une abondante sécrétion de suc gastrique très actif qui dure 1 à 3 heures. Le même résultat s'obtient en faisant flairer la viande au chien. La sécrétion est d'autant plus abondante que l'aliment offert excite l'appétit; elle est faible s'il inspire le dégoût ou l'indifférence. Un aliment appétissant est plus rapidement digéré dès son arrivée dans l'estomac par le suc gastrique ainsi produit (suc d'appétit).

La sécrétion psychique est un acte réflexe, car elle est provoquée par des sensations visuelles, olfactives et gustatives. Ces réflexes conditionnels constituent avec les réflexes salivaires, les manifestations de l'appétit. Cette sécrétion est la plus importante (200g par heure), on voit qu'elle précède l'arrivée des aliments dans l'estomac.

b) SECRETION CHIMIQUE (EXPERIENCE DU REPAS REEL).-

La sécrétion chimique est provoquée par le contact direct des aliments avec la muqueuse gastrique. Ce n'est pas un acte réflexe. On introduit directement dans l'estomac d'un chien porteur d'une fistule, un morceau de viande sans que l'animal l'aperçoive. Au bout de 25 minutes, il se produit une abondante sécrétion de suc gastrique et cette sécrétion dure 8 à 10 heures. Ce suc gastrique ainsi produit n'est pas aussi actif que le suc psychique. Les aliments tels que le pain, l'œuf, les graisses, ne provoquent pas de sécrétion chimique.

3.- COMPOSITION DU SUC GASTRIQUE.-

Le suc gastrique est un liquide incolore, filant, à saveur aigre, fortement acide. Cette acidité est due à la présence de HCl sécrété par les glandes de l'estomac.

Il contient de l'eau, $\frac{990}{1000}$, des sels minéraux (chlorures alcalins, phosphates...)

et des diastases, une prodiastase, (le pepsinogène), dans laquelle la pepsine est unie à une substance inhibitrice, de nature polypeptidique; une protéase, la présure et la lipase gastrique. L'acide chlorhydrique, contenu dans le suc gastrique, provient de la décomposition du chlorure de sodium du sang par les cellules bordantes des glandes gastriques.

4.- ACTION DU SUC GASTRIQUE.-

La pepsine gastrique amorce la digestion des protéines (albumine) en donnant naissance à des produits plus simples non encore assimilables, les polypeptides. La pepsine en présence de HCl rend soluble l'albumine. Dans le suc gastrique, la pepsine se trouve sous forme de pepsine inactive. En milieu acide, la dislocation du pepsinogène est spontanée, la réaction est catalysée par la pepsine ainsi libérée, c'est un phénomène d'auto-catalyseur.

Pepsinogène (inactif) + HCl \longrightarrow pepsine (active).

La présure contenue dans le suc gastrique coagule la caséine du lait avec libération de polypeptides. Dans l'exemple, la caséine est d'abord coagulée par la présure avant de subir l'action de la pepsine.

La lipase gastrique hydrolyse les lipides émulsionnés (crème de lait, graisse du jaune d'œuf) et les transforme en glycérine. Cependant, sa présence dans le suc gastrique, est contestée.

ROLE DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE.-

La présence de l'HCl dans le suc gastrique est nécessaire à l'action de la pepsine. Il rend acide le contenu stomacal. Donc, il est indispensable à la formation de la pepsine. De plus, le HCl a une action antiseptique en détruisant les microbes introduits avec les aliments. Il provoque indirectement la sécrétion du suc pancréatique.

RESULTAT DE LA DIGESTION GASTRIQUE.-

À la fin de la digestion gastrique, les aliments sont transformés en une bouillie claire: le chyme. Le chyme est constitué d'eau, de sels minéraux, des polypeptides et des protides non digérés, des lipides non digérés, des glucides non digérés (amidon, saccharose, lactose), non attaqués par le suc gastrique.

EVACUATION DU CHYME STOMACAL.-

De temps à autre, le pylore s'ouvre et le chyme stomacal est expulsé par jets successifs dans l'intestin. Le pylore s'ouvre en laissant passer un peu de chyme, puis se referme; un peu plus tard, il s'ouvre de nouveau, puis se referme et ainsi de suite. Le chyme est ainsi évacué par fractions successives.

SEJOUR DES ALIMENTS DANS L'ESTOMAC.-

Il varie suivant le contenu de l'estomac. L'eau, le bouillon ne s'arrêtent pas dans l'estomac, le lait, le beurre, le pain et surtout la viande sont lentement évacués 2 à 3 heures environ. Les graisses séjournent plus longtemps dans l'estomac (7 à 8 heures), elles ralentissent le passage des autres aliments.

IMPORTANCE DE LA DIGESTION GASTRIQUE.-

La digestion gastrique est peu importante. On peut pratiquer l'ablation de l'estomac sans provoquer de graves troubles digestifs.

V.- LA DIGESTION INTESTINALE.-

Grâce à ses fibres musculaires, l'intestin exécute lors de la digestion des mouvements péristaltiques qui assurent le brassage et la progression du chyme. Dans l'intestin grêle, les aliments subissent l'action du suc pancréatique, de la bile sécrétée par le foie, auxquels s'ajoute le suc intestinal, sécrété par les glandes microscopiques de la paroi de l'intestin.

A.- LE SUC PANCREATIQUE.-

Le suc pancréatique est la sécrétion digestive la plus importante, c'est la sécrétion externe du pancréas.

1.- EXTRACTION DU SUC PANCREATIQUE.-

Pour obtenir du suc pancréatique pur, on pratique une fistule pancréatique, puis on introduit une canule d'argent dans le canal pancréatique (canal de Wirsung). Il s'écoule un liquide visqueux, alcalin.

2.- SECRETION DU SUC PANCREATIQUE.-

La sécrétion du suc pancréatique n'est pas continue. En dehors des repas, le pancréas ne sécrète pas. Cette sécrétion est provoquée lors de l'arrivée du chyme dans l'intestin, par le contact de l'acide chlorhydrique du suc gastrique avec le duodénum. La sécrétion pancréatique est due à un mécanisme hormonal. Au contact du chyme acide venant de l'estomac, la muqueuse intestinale élabore une sécrétion interne, la sécrétine qui, transportée par le sang au pancréas, détermine l'activité des cellules glandulaires et par suite déclenche la sécrétion.

3.- COMPOSITION DU SUC PANCREATIQUE.-

Le suc pancréatique contient:

- de l'eau 900 pour 1000, des sels minéraux (carbonates),
- des diastases: une amylase (amylase pancréatique qui achève la transformation de l'amidon en maltose, amorcée par l'amylase salivaire; une maltase qui hydrolyse le maltose en glucose; une protéase pancréatique, la trypsine qui hydrolyse les protéides et les polypeptides en acides aminés; une lipase pancréatique qui hydrolyse les graisses et les transforme en glycérol et en acide gras, des sels.

4.- ACTION DU SUC PANCRÉATIQUE SUR LES ALIMENTS.-

On peut mettre en évidence l'action du suc pancréatique sur les aliments par les digestions artificielles. Grâce à ses nombreuses diastases, le suc pancréatique agit sur les glucides, les protides et les lipides.

1°) Digestion des glucides.-

Le suc pancréatique contient 2 diastases qui interviennent dans la digestion de l'amidon:

- a) une **amylase pancréatique**, qui achève la transformation de l'amidon en maltose;
- b) une **maltase pancréatique** qui transforme le maltose en glucose facilement assimilable.

Dans l'intestin, l'amidon est d'abord transformé en maltose, puis en glucose. Cette transformation n'a lieu que si le milieu est alcalin.

2°) Digestion des lipides.-

Le suc pancréatique est indispensable à la digestion des lipides. La lipase pancréatique émulsionne les graisses, elle les divise en fines gouttelettes, puis les transforme en un mélange de glycérol et d'acide gras. La digestion des lipides par la lipase est favorisée par la bile.

3°) Digestion des protides.-

Grâce à la trypsine, le suc pancréatique hydrolyse en milieu basique les protéines en acides aminés.

Cette hydrolyse se réalise en 2 temps: les protéides sont transformés en polypeptides et les polypeptides en acides aminés.

La digestion des protéines par le trypsinogène dans le cas du suc pancréatique pur est possible, grâce à la transformation du trypsinogène inactif, en trypsine active sous l'action d'un activateur, l'entérokinase contenue dans le suc intestinal.

B.- LA BILE.-

La bile est un liquide visqueux, filant, amer, fortement alcalin. Elle est sécrétée par le foie, et entreposée dans la vésicule biliaire. Au moment de la digestion, elle est déversée dans le duodénum par le canal cholédoque.

1.- COMPOSITION DE LA BILE.-

Elle renferme: 850g. d'eau, 150g. de matières dissoutes, des sels biliaires 80g, des pigments 20g, du cholestérol, des sels minéraux (NaCl, KCl et phosphates), du mucus.

2.- EXTRACTION DE LA BILE.-

On extrait la bile pure en réalisant une fistule biliaire sur un animal vivant. Le canal cholédoque étant ligaturé, on pratique une incision au niveau de la vésicule biliaire, puis on y introduit une canule par laquelle la bile s'écoule lentement. On peut l'obtenir également en prélevant la vésicule biliaire d'un animal fraîchement abattu.

3.- SECRETION ET ECOULEMENT DE LA BILE.-

La bile est continuellement sécrétée par le foie. Son écoulement par le canal cholédoque se fait par intermittence. Elle est déclenchée par l'arrivée du chyme acide dans l'intestin grêle. L'écoulement cesse entre les repas et la bile s'accumule dans la vésicule biliaire où elle se concentre. Au moment de la digestion, grâce à l'action des lipides en particulier, sur la muqueuse du duodénum, la vésicule biliaire se contracte et expulse la bile dans

l'intestin. La sécrétion biliaire augmente avec la pression sanguine et avec l'ingestion de certaines substances dites **cholagogues** telles que l'ipéca, le santonyle de soude. La quantité de bile excrétée en 24 heures varie entre 500 et 1000 cm³ chez l'homme.

4.- RÔLE DE LA BILE.-

La bile joue un rôle essentiel dans la digestion.

- a) Elle rend basique le contenu de l'intestin grêle qui, venu de l'estomac, est fortement acide lors de son arrivée dans l'intestin.
- b) La bile n'est pas un suc digestif, elle ne contient pas de diastase, mais elle joue un rôle important dans la digestion des lipides. Sa présence est nécessaire pour que le suc pancréatique et le suc intestinal agissent sur les graisses.
 - Elle participe à l'émulsion des lipides, décuplant ainsi l'efficacité de la lipase.
 - Elle facilite aussi l'absorption des graisses.
 - Elle excite les mouvements péristaltiques de l'intestin en provoquant la contraction des villosités intestinales.
 - Elle favorise la chute des vieilles cellules épithéliales.
 - Elle aurait un rôle antiseptique.

C.- LE SUC INTESTINAL.-

1.- EXTRACTION DU SUC INTESTINAL.-

Il est sécrété par les nombreuses glandes de la muqueuse intestinale. Pour l'obtenir, il suffit de pratiquer une fistule intestinale. On procède de la façon suivante :

On sectionne une anse intestinale sans léser le mésentère et on ferme en cul-de-sac par une suture, l'une des extrémités B, on abouche l'autre extrémité A, à une incision pratiquée sur la paroi abdominale où l'on ajoute une canule. On rétablit la continuité entre les 2 bouts C et D de l'intestin en les rapprochant et on les ligature. On peut également aboucher à la paroi abdominale les 2 orifices A et B de l'anse réséquée.

2.- SECRETION DU SUC INTESTINAL.-

La sécrétion du suc intestinal est intermittente. En dehors des repas, elle est insignifiante. Elle devient abondante quand le chyme pénètre dans l'estomac. Elle est due à un mécanisme hormonal.

3.- COMPOSITION DU SUC INTESTINAL.-

Le suc intestinal renferme de l'eau 975 pour 1000, des sels minéraux, chlorures et carbonates de sodium, des diastases, des exodiastases, amylase, maltase, lipase; des endodiastases, la saccharase qui hydrolyse le saccharose en glucose et lévulose, la lactase hydrolysant le lactose en glucose et galactose.

4.- ACTION DU SUC INTESTINAL.-

Le suc intestinal complète et achève la digestion pancréatique. L'action du suc pancréatique diffère suivant qu'il s'agit du suc obtenu par fistule ou par macération de la muqueuse intestinale.

1°) Action du suc obtenu par fistule intestinale.-

Elle est identique à celle du suc pancréatique. Son action a été mise en évidence aux cours des digestions artificielles réalisées dans des tubes à essais.

- L'hydrolyse de l'amidon par l'amylase intestinale est moins importante que celle des autres sucs. Grâce à la maltase intestinale, le suc intestinal hydrolyse le

maltose en glucose; les polypeptides sont hydrolysés en acides aminés par l'uréase; les lipides sont hydrolysés en glycérol et en acides gras par la lipase intestinale; l'entérokinase transforme le trypsinogène inactif du suc pancréatique en trypsine active.

2°) Action d'un extrait de muqueuse intestinale obtenu par broyage ou macération.-

Le suc obtenu par macération de la muqueuse intestinale possède la même action que le suc obtenu par fistule, mais en plus, il contient 2 autres diastases, la saccharase et la lactase. La saccharase intestinale hydrolyse le saccharose en glucose et en lévulose et la lactase intestinale hydrolyse le lactose en glucose et en galactose.

La saccharase et la lactase sont des endodiastases, elles n'ont pu être isolées qu'en broyant ou en macérant la muqueuse intestinale. Leur action sur le saccharose et le lactose n'a pas eu lieu dans la lumière de l'intestin grêle, mais dans le cytoplasme des cellules de la muqueuse intestinale.

D.- MOUVEMENTS DE L'INTESTIN.-

Grâce à ses fibres musculaires, l'intestin exécute lors de la digestion des mouvements qui assurent le brassage et la progression des aliments. Ces mouvements se font par voie réflexe. Le système neurovégétatif rentre en jeu. Le nerf parasymphatique accélère les mouvements de l'intestin, tandis que le nerf sympathique ralentit le rythme intestinal.

Les mouvements de l'intestin sont de 3 sortes:

- 1°) Les mouvements pendulaires, dus aux fibres longitudinales, sont provoqués par le glissement des anses intestinales les unes sur les autres.
- 2°) Les mouvements de brassage mettant en jeu les fibres circulaires, provoquent en différents points des étranglements qui ont pour but de brasser le contenu intestinal sans le faire progresser.
- 3°) Les mouvements péristaltiques, qui font progresser le contenu intestinal à la vitesse de 1 mètre par heure.

Grâce à l'absorption intestinale, le chyme devient de plus en plus épais. Les déchets non digérés (excréments ou fèces) passent dans le gros intestin, où ils sont poussés par des mouvements péristaltiques. Après un séjour de 24 heures, les excréments, partiellement déshydratés et imprégnés de bile, sont expulsés; c'est la défécation.

L'ABSORPTION INTESTINALE.

L'absorption intestinale est l'introduction dans le sang à travers la paroi de l'intestin des produits liquides de la digestion. Grâce à elle, les éléments nutritifs du chyle passent dans les vaisseaux sanguins et lymphatiques qui les distribuent aux différentes parties de l'organisme.

A.- APPAREIL ABSORBANT: LES VILLOSITES INTESTINALES.-

La paroi de l'intestin grêle est hérissée de petits poils hauts de 0,5 mm appelés villosités. Il y en a environ 3.600 par centimètre carré dans le duodénum et le jéjunum, 2.500 seulement dans l'iléon; on ne les rencontre pas dans le gros intestin.

B.- LES VOIES DE L'ABSORPTION

a) VOIE SANGUINE.-

L'eau, les sels minéraux, les oses et les acides aminés absorbés au niveau des capillaires veineux des villosités sont conduits par la veine porte jusqu'au foie; de là, après avoir subi diverses modifications, ils passent dans les veines sus-hépatiques, puis dans la veine cave inférieure et arrivent dans l'oreillette droite du cœur; ce dernier les distribue ensuite dans l'organisme.

1°) Pendant l'absorption intestinale, la quantité de glucose augmente considérablement dans la veine porte, l'excès de glucose est retenu en réserve dans le foie sous forme de glycogène de telle sorte que la quantité de glucose dans le sang reste constante, c'est la **constante glycémique** (1/1000). Cette fonction du foie est la **fonction glycogénique**; le foie met glucose en réserve, puis le dispense à l'organisme qui l'utilise d'une façon continue.

2°) Les acides aminés sont amenés au foie par la veine porte:

- Dans le foie, certains sont **décomposés** et forment l'urée, éliminée par l'urine, c'est la **fonction uréopoiétique**, tandis que d'autres entrent en combinaison pour former des protéines spécifiquement humaines (sérum-albumine, sérum - globuline, protéines) utilisables pendant le jeûne.

- Dans le sang, les cellules de l'organisme font un choix parmi les acides aminés non arrêtés par le foie, prennent ceux qui leur sont nécessaires, les combinent entre eux et fabriquent ainsi les **protéines semblables** à celles de leur protoplasme.

b) **VOIE LYMPHATIQUE.**- Les lipides reconstitués et quelques fines émulsions absorbées par les chylifères des villosités rejoignant, par les vaisseaux lymphatiques du mésentère, la citerne de Pecquet et le **canal thoracique**, qui les déverse dans la veine sous-clavière gauche, puis dans la **veine cave supérieure**, ils arrivent ainsi à l'oreillette droite du cœur, d'où ils sont lancés dans la circulation sanguine.

CHAPITRE QUATORZIEME

LE SYSTEME CIRCULAIRE

LA CIRCULATION SANGUINE.-

LE SANG:

1.- PROPRIETES PHYSIQUES.-

Le sang est le liquide nourricier de l'organisme, il baigne tous les tissus. C'est un liquide visqueux, de couleur rouge, légèrement salé et d'une odeur caractéristique; sa densité est voisine de celle de l'eau. Il est légèrement alcalin (pH = 7,35 environ). Dans l'organisme, le sang forme le 1/13 du poids total du corps, environ 5 litres de sang chez un adulte.

2.- COMPOSITION DU SANG.-

Le sang qui s'écoule d'une blessure apparaît homogène, mais observé au microscope, on y remarque 2 parties bien distinctes: une partie liquide, le plasma (55%) et les globules (45%) qui nagent dans ce plasma. Le sang peut être donc considéré comme un tissu conjonctif dont les cellules sont les globules et la matière interstitielle, liquide, est le plasma.

3.- CELLULES SANGUINES.-

Elles sont de trois types: les globules rouges appelés encore **hématies**, les globules blancs ou leucocytes, les globulins ou plaquettes sanguines.

A.- LES GLOBULES ROUGES.-

1.- CARACTERES.-

Observées au microscope, les hématies (**érythrocytes**) se présentent sous la forme de petits disques légèrement biconcaves, elles mesurent environ 7 à 8 micromètres de diamètre et 2 à 3 micromètres d'épaisseur chez l'homme. Ce sont de vieilles cellules dépourvues de noyau, donc incapables de se diviser. Elles sont généralement de couleur jaune verdâtre; elles n'apparaissent rouges que lorsqu'elles sont vues en couche épaisse. Les hématies sont élastiques, elles peuvent se déformer facilement dans les capillaires; elles s'allongent, s'effilent, puis reprennent leur forme après avoir franchi le passage étroit des vaisseaux. Elles sont visqueuses, elles s'agglutinent facilement, c'est-à-dire tendent à s'empiler comme des pièces de monnaie.

2.- NOMBRE.-

L'homme adulte possède une moyenne de 5 millions d'hématies par mm³ de sang, soit au total 25 à 30 trillions pour le corps humain. La surface d'une hématie étant d'environ 130 à 140 m², on obtient une surface totale de 3.000 à 3.500 m² pour l'ensemble des hématies. Le nombre d'hématies peut varier avec l'âge, le sexe; chez la femme, il est de 4.500.000; il diminue après la menstruation. De même, dans certains cas de maladies: tuberculose, cancer... etc., le nombre peut descendre jusqu'à 3 millions: c'est l'anémie.

Au contraire, ce nombre augmente avec l'altitude. Chez l'homme, il peut atteindre 6 millions par mm³ à 1000 mètres, 8 millions à 40000 mètres.

3.- STRUCTURE DES HEMATIES: L'HEMOGLOBINE.-

Les hématies se composent d'une fine membrane élastique, semi-perméable, d'un cytoplasme incolore, formé d'un support ou stroma, de nature protéique, imprégné d'un pigment rouge, l'hémoglobine, responsable de la couleur rouge du sang.

4.- HEMOLYSE (DESTRUCTION DES GLOBULES ROUGES DU SANG).-

Placés dans l'eau distillée ou dans une solution saline dont la concentration est inférieure à celle du plasma, les globules rouges absorbent l'eau (par osmose), se gonflent, finissent par éclater et leur hémoglobine se dissout dans l'eau. On dit qu'il y a hémolyse; la solution rouge obtenue (solution d'hémoglobine) est du sang laqué - Si, au contraire, on place les globules rouges dans une solution de concentration supérieure à celle du plasma (solution hypertonique) ils perdent leur eau, se contractent en prenant un aspect crénelé.

5.- ETUDE DE L'HEMOGLOBINE.-

a) CONSTITUTION.-

L'hémoglobine est une substance organique complexe, formée d'une protéine, la globine, associée à un composé azoté ferrugineux, l'hème. C'est à l'hème que l'hémoglobine doit ses propriétés. Le fer est un élément important à l'état divalent; il confère à l'hémoglobine son rôle de transporteur d'oxygène (O₂). L'hémoglobine contient environ 2 à 3 grammes de fer pour 5 litres de sang.

Il existe chez l'homme deux hémoglobines: l'hémoglobine fœtale ou (hémoglobine F) et l'hémoglobine adulte (ou hémoglobine A). Ces 2 hémoglobines sont différentes bien que leur masse moléculaire (68.000) soit identique. L'hémoglobine forme les $\frac{9}{10}$ du poids des hématies. L'homme adulte possède environ 14 à 16 grammes d'hémoglobine pour 100 cm³ de sang.

b) PROPRIETES DE L'HEMOGLOBINE.-

L'hémoglobine est soluble dans l'eau, avec laquelle elle donne une solution rouge claire (c'est du sang laqué), dans l'alcool et l'éther. On peut la faire cristalliser par addition d'alcool ou d'éther à 0°C et on obtient alors des cristaux dont la forme est caractéristique de l'espèce animale qui a fourni le sang. Ces cristaux ont la forme d'aiguilles pour le sang humain, de tablettes, ou de baguette pour les autres espèces.

Comme toutes les protéines, l'hémoglobine est un ampholyte. En milieu alcalin, elle a des propriétés légèrement acides; en milieu acide elle est décomposée en globine et en une matière colorante brune: l'hématine ou hème protidique qui renferme la presque totalité du fer de l'hémoglobine.

- La propriété essentielle de l'hémoglobine est de donner des composés peu stables avec le dioxygène et le dioxyde de carbone et un composé très stable avec l'oxyde de carbone.

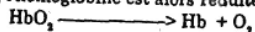
1°) FIXATION DU DIOXYGENE PAR L'HEMOGLOBINE.-

En présence du dioxygène, l'hémoglobine se transforme en un composé facilement dissociable, l'oxyhémoglobine (d'un beau rouge). La solution rouge

obtenue par hémolyse du sang est une solution d'oxyhémoglobine, car l'hémoglobine dissoute dans l'eau s'est combinée au dioxygène de l'air. En désignant par Hb la molécule d'hémoglobine, on peut écrire la réaction suivante:



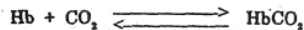
Au niveau des cellules, l'oxyhémoglobine libère le dioxygène qui diffuse dans les cellules; l'hémoglobine est alors réduite.



Le sang dans l'organisme est rouge sombre quand les hématies contiennent l'hémoglobine réduite Hb, c'est le sang noir; il est rouge vermeil quand elles renferment de l'oxyhémoglobine. C'est à cause de son affinité pour l'oxygène et de la facilité avec laquelle elle abandonne cet oxygène aux corps qui le fixent que l'hémoglobine joue un rôle de pigment respiratoire. L'oxyhémoglobine, formé au niveau des poumons est réduite en hémoglobine en abandonnant l'oxygène aux tissus.

2°) FIXATION DU DIOXYDE DE CARBONE PAR L'HEMOGLOBINE.-

Avec le CO_2 , l'hémoglobine forme un composé peu stable, la carbhémoglobine HbCO_2 , rouge sombre qui se décompose immédiatement en présence d'oxygène; ou lorsque la pression en CO_2 du milieu diminue. La réaction est réversible et s'écrit:



Lorsque la concentration du CO_2 dans le sang est élevée, ce gaz décompose l'hémoglobinate de potassium (HbK) contenu dans les hématies en donnant de l'hydrogénocarbonate de potassium et de l'hémoglobine:



L'hémoglobine est un acide faible, c'est pourquoi dans l'équation, on la représente par la formule HbH.

3°) FIXATION DU MONOXYDE DE CARBONE.-

L'hémoglobine se combine facilement avec le monoxyde de carbone pour donner un composé stable, la carboxyhémoglobine HbCO ou hémoglobine oxycarbonée, ce qui explique que le monoxyde de carbone est un violent poison du sang et provoque l'asphyxie, l'hémoglobine ne peut plus servir au transport de l'oxygène (pour la respiration).



4°) RÔLE DES HEMATIES.-

Les hématies jouent un rôle primordial dans les échanges gazeux respiratoires. Grâce à l'hémoglobine qu'elles contiennent, elles assurent le transport de l'oxygène des poumons aux tissus et le transport du CO_2 des cellules aux poumons. On peut dire que la majorité de l'oxygène est transportée dans le sang sous forme de HbO_2 .

A côté de leur rôle respiratoire et leurs capacités osmotiques, les globules par leur propriété de surface peuvent fixer de nombreuses substances, en particulier, les anticorps qui viennent se mouler sur les antigènes.

5.- ORIGINE ET DESTRUCTION DES HEMATIES.-

a) ORIGINE (FORMATION).-

Chez l'embryon et jusqu'au cinquième mois après la naissance, les globules rouges se forment dans le foie et la rate. Ensuite, c'est la moelle rouge des os qui fournit les globules rouges à partir de cellules jaunes nucléées (en voie de division active), appelées érythrocytes. Ces cellules voient leur cytoplasme se charger d'hémoglobine, puis elles perdent leur noyau pour se transformer en globules rouges au bout d'environ 6 jours.

b) DESTRUCTION.-

Après une durée de vie de 120 à 135 jours, les globules rouges sont détruits par les cellules réticulo-endothéliales dans le foie et dans la rate; les vieux globules rouges sont phagocytés par des leucocytes (monocytes).

B.- LES GLOBULES BLANCS.-

1.- CARACTERES

Les globules blancs ou leucocytes sont des cellules incolores et de formes variées. Ils possèdent un noyau qui est soit arrondi, soit formé par plusieurs lobes.

NOMBRE.-

Les leucocytes sont moins nombreux que les globules rouges. Chez l'homme adulte on compte 6.000 à 8.000 leucocytes par mm³ de sang, soit 1 leucocyte pour 700 hématies environ. Lorsqu'un microbe pénètre dans l'organisme, les globules blancs se multiplient rapidement et leur nombre peut atteindre 30.000 par mm³. Cette augmentation s'appelle leucocytose (hyperleucocytose). Les leucocytes représentent environ 0,6% de la masse totale du sang.

2.- DIFFERENTES SORTES DE LEUCOCYTES.- (CLASSIFICATION): FORME.-

Suivant leur forme, les leucocytes se répartissent en trois grandes catégories:

a) Les monocytes ou grands mononucléaires

b) Les lymphocytes ou petits mononucléaires

c) Les granulocytes ou polynucléaires.

a) Les monocytes.-

Les monocytes sont les plus grands des leucocytes (16 à 25 micromètres). Leur noyau simple est ovale, ou réniforme au milieu d'un cytoplasme abondant, ils représentent environ 6% des leucocytes.

b) Les lymphocytes.-

Les lymphocytes sont les plus petits des leucocytes (6 à 8 microns de diamètre). Ils ont un noyau sphérique très gros et un cytoplasme peu abondant; ils représentent de 20 à 30% des leucocytes. Les lymphocytes sont normalement plus nombreux dans le sang de l'enfant jusqu'à 10 ans. Leur taux peut augmenter fortement dans certains cas de maladies à virus, (rubéole), dans la coqueluche.

c) Les granulocytes.-

Ce sont les leucocytes les plus nombreux (15 à 18 micromètres de diamètre). Ils possèdent un noyau unique présentant plusieurs lobes et un cytoplasme granuleux. Suivant l'affinité des granulations cytoplasmiques pour les colorants acides, basiques ou neutres, les granulocytes sont classés en:
- acidophiles ou éosinophiles, bien moins nombreux, qui se colorent en rose par l'éosine, d'où leur nom;

- basophiles, très rares (0,5%), qui se colorent en violet par le bleu de méthylène;
- neutrophiles, les plus nombreux (70%) de la totalité des leucocytes, qui se colorent en violet ou en rose par un mélange d'éosine et de bleu de méthylène.

PROPRIETES DES LEUCOCYTES.-

Les leucocytes possèdent les propriétés essentielles que voici:

a) MOBILITE.-

Dépourvus de membrane, les leucocytes, surtout les polynucléaires, peuvent se déplacer lentement comme les amibes en émettant des prolongements appelés **pseudopodes**. Leur cytoplasme étant déformable, ils peuvent ainsi ramper le long des parois des vaisseaux sanguins auxquelles ils adhèrent.

b) DIAPYCNISE.-

Les leucocytes sont des cellules migratrices. Grâce à leur mobilité, ils peuvent traverser la paroi des capillaires sanguins en se glissant entre les cellules de cette paroi qu'ils écartent: ce phénomène est la **diapycnise**.

c) TACTISME.-

Les globules blancs présentent des **tactismes**, c'est-à-dire qu'ils sont attirés par certaines substances chimiques (oxygène, iode, toxines microbiennes, par exemple: **chimiotactisme positif**), et repoussés par d'autres substances (alcool, chloroforme: **chimiotactisme négatif**).

d) PHAGOCYTOSE.-

Les leucocytes, plus particulièrement, les neutrophiles et les grands mononucléaires, sont capables d'englober les corps étrangers à l'organisme (cellules mortes, microbes) et de les digérer grâce à leurs **lysosomes** riches en diastases: c'est la **phagocytose**.

e) POUVOIR SECRETEUR.-

Les leucocytes sécrètent des **antitoxines** qui neutralisent les toxines de certains microbes. Ils peuvent aussi sécréter des substances capables de détruire les globules rouges d'autres espèces animales qui seraient introduites dans la circulation. Ils élaborent également des **diastases** (**endodiastases**) qui permettent la digestion intracellulaire (trypsine) ou qui diffusent dans le plasma (**exodiastases**: lipase, maltase).

4.- ROLE DES LEUCOCYTES.-

Les globules blancs jouent un rôle très important dans l'organisme. Ce sont des agents de défense contre les germes des maladies infectieuses. Ce rôle est exercé par les **granulocytes**, qui sont à la base de la formation d'**anticorps**, susceptibles de lutter contre l'introduction d'agents étrangers dans l'organisme. Au cours de la lutte les polynucléaires se transforment en globules de pus. Par leur pouvoir phagocytaire, les globules blancs (les monocytes) peuvent détruire les globules rouges usés, par exemple: ce sont des **macrophages**.

Certains leucocytes (lymphocytes) interviennent dans l'induction des réactions immunitaires, en stimulant la formation des cellules productrices d'anticorps.

D'autres rôles plus ou moins importants sont attribués aux leucocytes:

- ils sont responsables de la sécrétion de diverses diastases.
- ils véhiculent dans le sang des globules gras et des granules ferrugineux.

5.- ORIGINE ET DESTRUCTION DES LEUCOCYTES.-

a) ORIGINE.- (FORMATION).-

Les granulocytes prennent naissance dans la moelle rouge des os aux dépens d'autres cellules: les myéloblastes (c'est une cellule à noyau volumineux, arrondi). Les lymphocytes naissent dans les ganglions lymphatiques, le thymus et la rate. Les monocytes naissent également dans la moelle osseuse et passent dans le sang. De là, ils retournent dans les tissus (foie, poumon, ganglion, rate) où ils vont exercer leur fonction macrophagique.

b) DESTRUCTION.-

La durée de vie des leucocytes est relativement courte, 2 à 3 jours. Leur destruction s'effectue en partie dans la rate et dans divers organes contenant du tissu réticulo-endothélial (poumon, foie, etc.)

C.- LES GLOBULINS OU PLAQUETTES SANGUINES (THROMBOCYTES).-

I.- CARACTERES.-

Les globulins sont de petits corpuscules incolores, de forme variable, arrondie, triangulaire ou en bâtonnet, et leur taille est comprise entre 2 à 3 micromètres de diamètre; ils sont dépourvus de noyau et au nombre d'environ 300.000 par mm³ de sang.

Ils se forment dans la moelle rouge des os; très visqueux, ils s'agglomèrent entre eux, d'où leur nom de plaquettes sanguines.

2.- PROPRIETES DES PLAQUETTES.-

Les propriétés des plaquettes sanguines sont nombreuses. Parmi ces propriétés, on note:

- les plaquettes sanguines peuvent s'accoler aux microbes introduits dans le sang, ce qui favorise l'action phagocytaire des leucocytes; les plaquettes sanguines constituent ainsi le premier barrage contre l'invasion microbienne.
- elles sont douées d'une remarquable plasticité; elles assurent l'étanchéité des parois des petits vaisseaux sanguins.

grâce à son rôle actif dans la formation de la thrombokinasase, elles interviennent dans la coagulation du sang, et surtout dans la rétraction du caillot et dans la cicatrisation.

III.- LE PLASMA (SUBSTANCE INTERSTITIELLE)

Le plasma est la partie liquide du sang, dans laquelle baignent les globules; c'est un liquide jaune, légèrement alcalin, représentant environ 55% du sang total. Sous l'action de la chaleur, il coagule en donnant une masse solide, analogue au blanc d'œuf cuit.

1.- COMPOSITION.-

Sa composition est assez complexe; il renferme:

- 1°) de l'eau 90%;
- 2°) des sels minéraux (10,8%); notamment le chlorure de sodium, des sels de calcium, des phosphates, carbonates et bicarbonates alcalins;
- 3°) des protides 8%: sérum-albumine, sérum-globuline ou globuline, du fibrinogène, des acides aminés. A ces constituants fondamentaux existant dans le plasma à dose, il convient d'ajouter:
 - de substances nutritives provenant de l'absorption intestinale: du glucose, des graisses sous forme de fines gouttelettes, des lécithines;

- des substances de déchets destinées à être éliminées: urée (déchet azoté élaboré par le foie et éliminé par les reins), acide urique, ammoniacque et carbonate d'ammonium, cholestérol, créatinine...);
- des gaz: oxygène provenant de la respiration, du dioxyde de carbone sous forme de bicarbonate de sodium et une faible quantité d'azote; des enzymes (ou diastases), sécrétées par les leucocytes; lipase, maltase, trypsine, etc.
- des hormones sécrétées par les glandes endocrines (hormone thyroïdienne, insuline, etc.),
- des anticorps: antitoxines sécrétées par les leucocytes et certaines cellules de l'organisme;
- des agglutinines auxquelles le plasma doit sa spécificité.

2.- RÔLE DU PLASMA.-

- a) Il sert d'intermédiaire entre les différents organes dont il assure la nutrition.
- b) Il transporte aux cellules les substances nutritives indispensables à leur vie;
- c) Il joue un rôle important dans la respiration, en transportant l'oxygène et le dioxyde de carbone dissous.
- d) Il reçoit les substances de déchets rejetées par toutes les cellules et les transporte vers les organes excréteurs: poumons, glandes sudoripares, reins qui sont chargés de les éliminer;
- e) Il participe aux corrélations fonctionnelles de nos organes en transportant les hormones qui régissent l'activité des fonctions nutritives;
- f) Grâce à sa composition constante, il constitue un milieu de vie favorable pour les cellules. Cette constance est assurée dans sa masse, sa constitution, sa spécificité par des mécanismes régulateurs.
 - 1°) Dans sa masse.-
Toute perte provoquée par une hémorragie est rapidement réparée par un appel d'eau des tissus. De même, un excès d'eau est compensé par une élimination sous forme de sueur ou d'urine.
 - 2°) Dans sa constitution.-
Constituants : par exemple: un excès de sel est rapidement éliminé par les reins (urine) ou par les glandes sudoripares (sueur).
 - 3°) Dans sa spécificité.-
Il ne tolère aucune atteinte portée à sa composition; il détruit par une diastase, ou précipite par une substance (précipitine) toutes substances étrangères qui ont pu s'y introduire.

IV.- LA COAGULATION DU SANG.-

A.- SERUM ET CAILOT.-

Le sang, extrait des vaisseaux d'un animal vivant et abandonné à lui-même, se sépare bientôt en 2 parties, l'une liquide jaunâtre et transparente, le sérum; l'autre, solide, opaque, de couleur rougeâtre, ayant la consistance d'une gelée, le caillot. On dit que le sang s'est coagulé.

a) LE SERUM.-

C'est du plasma dépouillé de son fibrinogène. Il est formé d'eau contenant en dissolution de l'albumine et plusieurs sels à base de sodium, de potassium et de magnésium. On y trouve également plusieurs matières grasses et des gaz en dissolution.

b) **LE CAILOT.-**

Il est constitué par un réseau de filaments de fibrine emprisonnant dans ses mailles, les globules sanguins. La fibrine est à la base de protéine soluble du plasma, le fibrinogène; outre la fibrine, le caillot contient l'hémoglobine, laquelle renferme de l'oxygène en combinaison avec elle.

B.- MECANISME DE LA COAGULATION.-

La coagulation du sang est due à la transformation du fibrinogène en fibrine. Elle est provoquée par le contact du sang avec un corps autre que les parois des vaisseaux sanguins. En effet, sous l'action d'une diastase, la thrombine, sécrétée par les leucocytes, le fibrinogène se change en fibrine.

Cette transformation a lieu en présence des sels de calcium dissous contenus dans le sang; privé de sels de calcium, le sang frais ne coagule plus. La précipitation des ions calcium sous forme de sels insolubles empêche le phénomène de la coagulation, l'action anticoagulante des fluorures, des sulfates alcalins, etc.

La thrombine, substance inactive, serait formée par l'union en présence d'ions Ca^{2+} de deux autres substances: la prothrombine ou thrombogène et la thrombokinasé. La coagulation du sang se fait en deux temps:

1) Prothrombine + Ca^{2+} + thrombine \longrightarrow Thrombine

2) Fibrinogène + thrombine \longrightarrow Fibrine

Le foie qui fabrique le fibrinogène élabore aussi une substance anticoagulante; l'héparine qui neutralise l'effet de la thrombokinasé.

La non-coagulation du sang s'observe chez certaines personnes atteintes d'une maladie héréditaire: l'hémophilie, maladie provoquée par l'absence de thrombokinasé, due à l'insuffisance de vitamine K dans le sang. Chez les hémophiles, la moindre blessure peut provoquer des hémorragies internes ou externes qui peuvent être mortelles.

La coagulation est accélérée par certains facteurs: -

- par le contact de certains corps: lèvres d'une blessure, parois d'un vase;
- par l'interposition d'un corps poreux, tel que l'ouate;
- par des substances chimiques; l'alcool, le chlorure de fer III, les sels de calcium, l'eau oxygénée, l'antipyrine;
- par les extraits de tissus frais,
- par la chaleur ($40^{\circ}C$).

Elle est retardée par le froid et les substances anticoagulantes: eau salée, eau sucrée, extrait de tête de sangsue, (Hirupine), l'héparine, etc. ... La coagulation peut se produire accidentellement à l'intérieur d'un vaisseau. Il peut se former alors un caillot à la suite d'une inflammation d'un vaisseau, c'est la phlébite. Si le caillot se détache et est entraîné dans le torrent circulaire, c'est l'embolie; la circulation du sang est alors arrêtée dans certains organes.

C.- ROLE DE LA COAGULATION.-

La coagulation joue un rôle très important lors de l'ouverture accidentelle des vaisseaux sanguins autres que les grosses artères; la formation du caillot arrête l'effusion du sang et permet la cicatrisation de la blessure. La coagulation peut être considérée comme une réaction de défense de l'organisme contre les petites hémorragies.

TOXICITÉ DU SÉRUM.-

Le sérum sanguin a des propriétés toxiques. En effet, le sérum d'un animal donné, injecté à des animaux d'une autre espèce, peut provoquer la mort de ces animaux. Il faut en moyenne $10cm^3$

de sérum du chien ou 15cm³ de sérum humain par kg de son poids pour tuer un lapin. Le sérum d'un animal donné agglutine le plus souvent les globules rouges des animaux appartenant à une autre espèce.

ANTIGENES ET ANTICORPS DU SERUM.-

Il existe dans le sérum sanguin de puissants éléments de lutte: les anticorps qui sont produits par l'organisme lors de la pénétration dans le sang des substances étrangères (bactéries, virus, toxines), appelées antigènes et qui ont une action agressive sur l'organisme. Les anticorps jouent un rôle important dans la destruction des agents infectieux. L'anticorps forme à la surface de la bactérie une pellicule très mince qui diminue sa résistance à l'action des phagocytes.

MECANISME DE LA FORMATION DES ANTICORPS.-

Les anticorps sont produits par les leucocytes. Ils se forment dans les organes dits lymphoïdes (ganglions lymphatiques, rate, thymus), d'où ils sont déversés dans le sang. Leur production est commandée par les glandes surrénales, elles-mêmes contrôlées par l'hypophyse.

Ils apparaissent quand des substances étrangères sont introduites dans l'organisme, en particulier, les constituants complexes dont sont formés les corps bactériens. On peut aussi obtenir des anticorps contre des constituants de cellules autres que les bactéries. Le sang du lapin peut produire des anticorps contre les globules rouges humains. Si l'on injecte à un lapin des globules rouges, provenant d'un homme quelconque, il se produit des anticorps qui rencontrent ces antigènes; son sérum les agglutine très fortement. Le lapin se trouve immunisé contre les globules rouges humains.

À côté des anticorps dits immuns qui se forment après immunisation, il existe des anticorps naturels. La connaissance de ces anticorps explique les réactions violentes qui peuvent se produire au cours d'une transfusion sanguine.

CARACTERES DES ANTICORPS.-

Les anticorps fournis dans le sang possèdent deux caractères importants.

-À chaque type d'antigène correspond un ou plusieurs anticorps: l'anticorps est spécifique.

Ils n'apparaissent dans le sang qu'au bout de plusieurs jours; ils ont un effet retardé. Parfois, ils demeurent dans le sang, même après la disparition de l'antigène. Certains anticorps ne sont actifs que pendant une période plus ou moins longue, tandis que d'autres demeurent toute la vie.

V.- TRANSFUSION SANGUINE.-

On appelle transfusion sanguine, l'opération qui consiste à prendre une certaine quantité de sang à un individu pour le donner à un autre. Elle peut se faire soit directement de bras à bras; dans ce cas, on fait passer le sang des veines du donneur dans celles du receveur, soit à partir du sang citraté, conservé dans des chambres froides entre 4° et 6°C en solution anticoagulante et stabilisante. Lors d'une transfusion sanguine, le sang du donneur se trouve dilué dans la masse de sang du receveur;

La transfusion sanguine est nécessaire à la suite d'une intervention chirurgicale (la quantité de sang peut être de 1 à 5 flacons), d'hémorragie due à un accident de travail ou de la route ou au cours de la maladie hémolytique du nouveau-né; dans ce cas, on pratique une exsanguino-transfusion qui consiste à remplacer 90 à 95% du volume sanguin par du sang rhésus négatif.

I.- LES GROUPES SANGUINS.-

La transfusion sanguine pratiquée de nos jours avec beaucoup d'assurance n'était pas toujours sans danger pour le receveur. Elle était parfois suivie d'accidents graves, parfois mortels. On sait aujourd'hui que les accidents de transfusion sont toujours dus à l'agglutination, puis à la destruction des globules rouges du donneur par le plasma du receveur.

Ce phénomène est dû à la présence dans les hématies d'une substance agglutinable ou agglutinogène (protéine particulière) et dans le plasma d'une autre substance agglutinante appelée agglutinine (anticorps). Il existe dans le sang deux types d'agglutinogènes A et B appelés encore facteurs de groupes, et deux types d'agglutinines anti A et anti B.

Les hématies sont porteuses soit du facteur A (agglutinogène A), soit du facteur B, soit des deux facteurs A; B, soit d'aucun des deux facteurs (groupe O). Quand l'un des facteurs est présent dans les hématies, le sérum ne contient pas l'agglutinine correspondante. Mais, quand les hématies, ne contiennent aucun des deux facteurs, l'agglutinine correspondante se trouve toujours dans le sérum. Ainsi, se forment quatre combinaisons possibles définissant 4 groupes sanguins.

Ces groupes, découverts par LANDSTEINER, ont été dénommés: A, B, AB, O (zéro). Le groupe O ne renferme ni A, ni B, d'où l'appellation O; ils sont inagglutinables. Pour que la transfusion soit possible, les globules rouges du donneur ne doivent pas être agglutinés par le sérum du receveur. Ainsi, un individu peut donner du sang aux autres individus de son propre groupe sanguin. Cependant si son sang contient des agglutinogènes, il ne peut pas donner son sang à n'importe quelle personne de groupe différent.

- Si l'on transfuse du sang O, les hématies introduites ne contenant pas d'agglutinogène, seront tolérées quelque soit le sérum du receveur. Ce groupe est dit **donneur universel**.
- Inversement, les individus du groupe A B dont le sang ne contient pas d'agglutinine peuvent recevoir du sang de tous les autres groupes. Ce sont des **receveurs universels**.
- Les individus du groupe O ne peuvent recevoir du sang que de leur propre groupe. Ce sont les **plus mauvais receveurs**.
- Les individus des groupes A et B qui peuvent échanger leur sang avec les individus du même groupe peuvent en outre recevoir le sang des donneurs universels et recevoir du sang des receveurs universels.

DETERMINATION DES GROUPES SANGUINS.-

La détermination des groupes sanguins est d'une importance capitale. Elle peut se faire aisément au moyen de sérums tests contenant l'un, l'agglutinine anti A, l'autre l'agglutinine anti B. Un troisième sérum contenant les deux agglutinines A et B permet de confirmer les résultats donnés par les deux premiers. Il suffit de mélanger une goutte de sang à une goutte de chacun des trois sérums. Une agglutination des hématies visible à l'œil nu s'observe lorsque l'agglutinogène correspondant caractérisant le groupe est présent dans les hématies.

La transmission des groupes sanguins des parents aux enfants obéit aux lois de l'hérédité.

Groupes	Agglutinogènes (dans les hématies)	Agglutinines (dans le plasma)
II A		Anti B
III B	B	Anti A
ou		
I AB	A et B (AB)	O
IV O	O	Anti A et Anti B

LE FACTEUR RHESUS.-

En dehors des groupes sanguins A, B, AB, O, il existe le système Rhésus. Les accidents graves survenus au cours de la seconde transfusion sanguine entre deux individus de même groupe ont conduit à la découverte d'un agglutinogène particulier, différent de A et B, le facteur Rhésus (Rh), reconnu pour la première fois chez un singe, le (*Macaccus rhésus*) qui a servi de Cobaye dans la découverte du facteur.

- Si un sang renferme cet agglutinogène, le sujet est dit Rh+; s'il ne possède pas cette substance, le sujet est dit Rh-. A la différence des groupes A, B, O, il n'existe pas à l'état naturel chez les sujets Rh d'anticorps anti Rh. Par contre, l'anticorps Anti Rh s'acquiert par immunisation. L'immunisation d'un sujet Rh- par un sang Rh+ s'observe dans diverses conditions.
- Si un sujet Rh- reçoit du sang Rh+, il forme un anticorps nouveau (anti corps anti Rh) qui, s'il reçoit une seconde fois du sang Rh+, provoquera un accident. C'est pourquoi un sujet Rh- ne doit jamais recevoir de sang Rh+. On compte environ 15% de sujet Rh- et 85% de sujets Rh+ pour une population.

L'APPAREIL CIRCULATOIRE

L'appareil circulatoire assure la marche continue de la circulation du sang dans tous les organes. Il comprend un organe propulseur; le Cœur et un appareil conducteur: les vaisseaux.

I.- LE CŒUR

1.- SITUATION.-

Le Cœur est situé dans la cage thoracique entre les 2 poumons et au-dessus du diaphragme. Il a une position oblique, sa pointe tournée vers la gauche et vers l'arrière du corps. Il est enveloppé dans un sac membraneux à deux feuillets séparés par un liquide; le liquide péricardique. Il pèse environ 300 grammes, sa grosseur est celle d'un poing.

2.- DESCRIPTION DU CŒUR.-

Le cœur est un organe conique, de couleur rouge. Il comprend 2 moitiés: une droite et une gauche séparés par une cloison. Chaque moitié est formée d'une oreillette et d'un ventricule.

- la partie supérieure du cœur est formée de 2 oreillettes: une droite et une gauche dont les parois sont minces et ridées;
- la partie inférieure comprend 2 ventricules dont les parois sont épaisses et lisses.
- la face ventrale ou antérieure du cœur est parcourue par un long sillon oblique et assez profond dans lequel circulent les vaisseaux nourriciers. Sur cette face appelée encore face artérielle, on peut observer entre les 2 oreillettes le départ de 2 gros vaisseaux, les artères: l'un se recourbe formant une croise: c'est l'artère aorte qui part du ventricule gauche; elle irrigue le thorax, l'abdomen et les membres inférieurs; au sommet, elle comporte des ramifications irriguant les membres supérieurs et la tête;
- l'autre se dirige vers les poumons en se dédoublant en 2 vaisseaux: c'est l'artère pulmonaire qui part du ventricule droit.
La face ou postérieure est la face veineuse.

3.- ETUDE INTERNE DU CŒUR.-

Sur une coupe verticale, le cœur montre 4 cavités internes correspondant aux deux oreillettes situées à la partie supérieure et aux deux ventricules situés en dessous. Il n'y a pas de communication entre le cœur droit (oreillette et ventricule gauche). Ils sont séparés par une épaisse cloison interventriculaire.

a) LES OREILLETES.-

Cœur droit.-

L'oreillette droite communique avec le ventricule droit par l'orifice auriculo-ventriculaire, muni de valvule formée de 3 lames membraneuses la valvule auriculo-ventriculaire droite. Cette valvule est formée de 3 valves, d'où le nom de valvule tricuspide, donné à cette dernière. Les lames membraneuses sont retenues par de solides filets tendineux fixés sur les piliers des ventricules. La valvule auriculo-ventriculaire permet le passage du sang de l'oreillette dans le ventricule correspondant, mais s'oppose au passage inverse.

X

- Cœur gauche.-

L'oreillette gauche communique avec le ventricule gauche par la valvule auriculo-ventriculaire gauche. Cette valvule est formée de 2 lames retenues par de solides filets fixés sur les piliers de la paroi du ventricule gauche. Elle a le même rôle que la valvule droite.

b) LES VENTRICULES.-

Les ventricules sont des cavités pyramidales dont la base est tournée vers les oreillettes et le sommet vers la pointe du cœur. La paroi du ventricule gauche est très épaisse, plus épaisse que celle du ventricule droit. Cette différence d'épaisseur est en rapport avec l'effort important que doit fournir ce ventricule lors des systoles. Du côté interne de la paroi ventriculaire se trouvent des saillies musculaires qui forment des piliers du cœur. Dans le ventricule droit s'ouvre l'artère pulmonaire et dans le ventricule gauche s'ouvre l'artère aorte.

La base du ventricule droit est occupée par l'orifice de l'artère pulmonaire et par l'orifice auriculo-ventriculaire. L'orifice de l'artère pulmonaire est fermé par 3 replis membraneux en forme de nids de pigeon, ce sont les valvules sigmoïdes qui empêchent le sang engagé dans les artères de refluer vers le ventricule. La base du ventricule gauche est en rapport avec l'orifice de l'aorte. A l'orifice de l'aorte on peut remarquer également 3 valvules sigmoïdes ayant le même rôle que pour l'artère pulmonaire. Le bord libre de ces valvules montre un renflement appelé Nodule.

Remarque.-

Le septum est le nom donné à la cloison interventriculaire séparant le cœur en deux parties: un cœur droit avec du sang noir et un cœur gauche avec du sang rouge.

4- STRUCTURE DE LA PAROI DU CŒUR.-

Le muscle cardiaque constitue la partie essentielle de la paroi du cœur.

Cette paroi est formée de 3 tuniques; une tunique externe ou péricarde, une tunique moyenne ou myocarde et une tunique interne ou endocarde.

a) LE PERICARDE.-

Le péricarde est une membrane séreuse formée de 2 feuillets très minces. Le feuillet interne ou feuillet viscéral est accolé au cœur. Le feuillet externe ou feuillet pariétal est en rapport avec la plèvre et le diaphragme. Il est réuni aux organes voisins par des expansions. La cavité péricardique contient le liquide péricardique, riche en albumine. Ce liquide entoure le cœur, c'est un lubrifiant, il facilite le mouvement du cœur en permettant aux 2 feuillets de glisser l'un sur l'autre.

b) LE MYOCARDE.-

Le myocarde est un tissu musculaire épais. Il est formé de fibres musculaires striées, ramifiées. Ces fibres sont de 2 sortes: les fibres propres à chaque oreillette et les fibres communes aux 2 oreillettes et aux deux ventricules. Ces dernières relient donc les deux moitiés du cœur. C'est le muscle qui reçoit le plus de sang. Il existe dans le cœur un tissu qu'on appelle tissu nodal, sorte de tissu nerveux qui reste à l'état embryonnaire; il est logé dans la cloison qui sépare le cœur droit du cœur gauche. Entre les fibres musculaires se trouvent un tissu conjonctif et des capillaires sanguins.

c) L'ENDOCARDE.-

L'endocarde est une membrane mince, pavimenteuse, séparée du myocarde par une lame de tissu conjonctif. Il tapisse l'intérieur des 4 cavités du cœur et les 2 faces des lames valvulaires.

X

- L'endocarde est formé de 4 couches:
- un **endothélium mince**, formé d'une seule couche de cellules aplaties;
 - une couche conjonctive sous-endothéliale,
 - une couche musculo-élastique avec fibres musculaires lisses;
 - une couche sous-endocardique de tissu conjonctif lâche.

II.- LES VAISSEAUX SANGUINS.-

L'appareil vasculaire sanguin est constitué par le **système artériel**, le **système des capillaires** et le **système veineux**.

A.- SYSTEME ARTERIEL.- LES ARTERES.-

Les artères sont des vaisseaux qui partent des ventricules et conduisent le sang du cœur, aux organes.

Du cœur, partent deux grosses artères: l'**artère pulmonaire** et l'**artère aorte**.

1°) L'ARTERE PULMONAIRE.-

Elle part du ventricule droit, se divise en deux branches: une pour chaque poumon. Elle contient du sang noir (hémoglobine réduite).

2°) L'AORTE.-

L'aorte (la plus importante) part du ventricule gauche derrière l'artère pulmonaire. Elle monte (aorte ascendante) se recourbe en arrière et à gauche, formant la crosse de l'aorte, puis descend le long de la colonne vertébrale jusqu'au bassin, elle se bifurque en deux branches: artère iliaque droite et artère iliaque gauche. De l'aorte se détachent les artères qui se rendent aux différents organes:

- Près de l'orifice de l'aorte se détachent les artères coronaires qui irriguent le cœur (la coronaire gauche pour le cœur gauche, la coronaire droite pour le cœur droit)
- De la crosse de l'aorte part le tronc céphalique, qui donne la carotide droite se dirigeant vers la tête, et l'artère sous-clavière passant sous la clavicule. La carotide gauche et la sous-clavière gauche partent séparément et se comportent comme celles de droite.

Les carotides montent le long du cou et se divisent en deux branches:

- la carotide externe pour la face et les parties superficielles de la tête,
- la carotide interne pour l'encéphale, elle pénètre dans le crâne et va alimenter l'encéphale et les organes des sens. La sous-clavière, après avoir donné l'artère vertébrale, pour le cou et la base du crâne, suit l'aisselle sous le nom d'artère axillaire, puis le bras sous le nom d'artère humérale, et se divise au coude en artère radiale et en artère cubitale (du côté interne), qui se réunissent dans la main en formant les arcades palmaires d'où partent les artères digitales.

3°) L'aorte descendante distribue des artères aux muscles et aux organes.

Citons:

- l'artère diaphragmatique pour le diaphragme,
- les artères bronchiques, nourricières des poumons, les artères œsophagiennes pour l'œsophage,
- les artères intercostales pour les muscles de la colonne vertébrale, la moelle épinière,
- le tronc cœliaque, qui donne trois branches:
 - une artère pour le foie (artère hépatique),
 - une pour l'estomac (artère stomacique ou gastrique),
 - une pour la rate (artère splénique),

- puis naissent l'artère mésentérique supérieure pour le pancréas et l'intestin grêle.
- les artères rénales qui irriguent les reins,
- l'artère mésentérique inférieure pour le gros intestin,
- les artères spermatiques et utéro-ovarienne irriguant les testicules, l'utérus et les ovaires.

Au niveau de la région lombaire (4^e lombaire), l'aorte se divise en artères iliaque droite et gauche qui se subdivisent en iliaque interne et externe, l'iliaque interne irrigue les organes du bassin; l'iliaque externe se rendant dans la cuisse pour devenir l'artère fémorale, puis les artères tibiale, péronière et pédieuse.

De l'artère iliaque externe se détache l'artère épigastrique qui rejoint l'artère mammaire provenant de l'artère sous-clavière.

D'une façon générale, les artères sont profondes, certaines sont superficielles (l'artère radiale et l'artère temporale, par exemple).

STRUCTURE DES ARTERES.-

Les artères ont leur paroi constituée de trois enveloppes ou tuniques:

- une tunique externe, mince, formée de tissu conjonctif et parcourue par des vaisseaux sanguins nourriciers et des nerfs;
- une tunique moyenne, formée d'une épaisse couche de fibres élastiques (grosses artères) et des fibres musculaires lisses (petites artères ou artérioles);
- une tunique interne, formée d'un endothélium lisse à cellules épithéliales aplaties, prolongeant l'endocarde.

Les petites artères sont contractiles, elles règlent le débit du sang dans les organes qu'elles irriguent et évitent les variations brutales de pression artérielle. Leur section provoque une hémorragie passagère.

- L'élasticité des grosses artères régularise et augmente le débit sanguin. Leur action est dangereuse, car elle est circulaire et reste béante, le sang en jaillit avec force.

B.- LE SYSTEME DES CAPILLAIRES.-

LES CAPILLAIRES.-

Les capillaires sont des vaisseaux très fins (d'où leur nom) qui font communiquer les artérioles et les veinules. Ils sont si nombreux et leur réseau si serré qu'il est impossible de se piquer en un point quelconque du corps sans en percer quelques-uns et provoquer une légère hémorragie.

Ils se répartissent en deux systèmes de capillaires:

- Les capillaires pulmonaires, dans les poumons, entre les artérioles et les veinules pulmonaires.
- Les capillaires généraux, entre les artérioles du système aortique et les veinules, origine première des veines caves dans tous les organes.

STRUCTURE DES CAPILLAIRES.-

La paroi des capillaires, très mince et perméable, est réduite à un endothélium constitué par une seule couche de cellules. Les capillaires sont extensibles et élastiques; ils sont contractiles; leur contraction est due à des cellules conjonctives contractiles qui s'étalent autour de leur paroi.

C.- LE SYSTEME VEINEUX.-

LES VEINES.-

Les veines sont des vaisseaux qui ramènent le sang des organes au cœur et débouchent dans les oreillettes.

a) Dans l'oreillette droite.-

Dans l'oreillette droite débouchent les deux veines caves supérieure et inférieure.
- La veine cave supérieure ramène au cœur le sang des membres supérieurs et de la tête; la veine cave inférieure ramène le sang des membres inférieurs et des organes abdominaux et thoracique, et la veine coronaire, qui ramène le sang de la paroi du cœur.

b) Dans l'oreillette gauche.-

A l'oreillette gauche aboutissent les quatre veines pulmonaires (2 veines pulmonaires droites et deux veines pulmonaires gauches); qui déversent dans le cœur le sang oxygéné revenant des poumons.

Le système veineux comprend:

les veines profondes et les veines superficielles, ou (sous-cutanées),

- Les veines profondes viennent des viscères et des membres. Dans les membres, chaque artère est souvent accompagnée de deux veines et celles-ci sont partiellement nommées:

veines sous-clavières, humérales, cubitales, radiales pour le membre supérieur; veines iliaques, fémorales, tibiales, péronières, pour le membre inférieur.

A l'artère carotide correspond la veine jugulaire.

- Les veines superficielles, très visibles chez les sujets maigres, à la surface des bras, par exemple, parfois saillantes sous la peau, se jetant dans les veines profondes. Les veines superficielles et les veines profondes s'unissent vers la racine des membres pour former un tronc unique.

VEINE AZYGOS.-

La veine azygos relie la veine cave inférieure à la veine cave supérieure par l'intermédiaire de la veine iliaque. Cette veine débouche à la face postérieure de la veine cave supérieure, reçoit les veines intercostales et la veine demi azygos, qui apportent le sang veineux des régions thoracique et lombaire.

SYSTEME VEINE PORTE.-

On appelle veine porte une veine intercalée entre deux systèmes de capillaires. L'organisme en possède deux: le système porte hépatique et le système porte rénal. La veine porte hépatique relie les capillaires de l'intestin et ceux du foie, dont le sang est repris par les veines sus-hépatiques se jetant dans la veine cave inférieure.

STRUCTURE DES VEINES.-

Les veines ont la même structure que les artères; leur paroi est plus mince et plus molle que celle des artères. La paroi des veines possède trois tuniques:

- une tunique externe, épaisse, conjonctive, riche en vaisseaux sanguins;

- une tunique moyenne, surtout musculaire, avec peu de fibres élastiques;

- une tunique interne ou endothélium, identique à celle des artères. Les veines sont donc peu élastiques, leur section est moins dangereuse que celles des artères, les parois de la plaie s'affaissent sur elles-mêmes et le sang se coagule. Les veines sont extensibles et pauvres en fibres contractiles. Le sang s'y accumule après la mort.

PHYSIOLOGIE DE LA CIRCULATION SANGUINE.-

Mise en évidence de la circulation.

- Le phénomène de la circulation a été découvert en 1628 par le médecin anglais HARVEY en étudiant les mouvements du cœur sur un animal vivant.

Deux expériences réalisées sur un animal vivant montrent que le sang artériel va du ventricule gauche vers les organes par les artères, et le sang veineux est ramené des organes à l'oreillette droite par les veines. Malpighi démontre en 1661 la communication qui existe entre les artères et les veines.

MOUVEMENTS DU SANG DANS L'ORGANISME.-

Il existe à partir du cœur un double circuit:

UNE GRANDE CIRCULATION OU CIRCULATION GENERALE.-

Le sang oxygéné rouge vif part du ventricule gauche par l'artère aorte et après avoir suivi les ramifications des artères, des capillaires et des veines caves supérieure et inférieure, il gagne ensuite le ventricule droit d'où il sera envoyé à nouveau dans les poumons. La grande circulation correspond au circuit: Cœur - Organes ou Membres - Cœur.

UNE PETITE CIRCULATION OU CIRCULATION PULMONAIRE.-

Dans la petite circulation; le sang ramené au cœur par la grande circulation et, partant du ventricule droit, est conduit vers les poumons où il subit l'hématose, puis revient par les veines dans l'oreillette gauche. On a le circuit: Cœur - Poumons - Cœur,

L'ensemble de la circulation a été comparé à un cercle dont la moitié (cœur droit) correspond à un sang riche en CO_2 et la moitié gauche (cœur gauche) correspond à un sang riche en oxygène.

PHYSIOLOGIE DU CŒUR.-

Le cœur est l'organe moteur qui entretient le mouvement du sang dans l'organisme. Il est animé de mouvements rythmiques appelés battements. On peut les observer soit indirectement, soit directement. L'observation indirecte peut se faire:

- par auscultation directe ou grâce à un instrument amplificateur, le stéthoscope;
- en prenant les pouls
- par radioscopie.

- L'observation directe des contractions du cœur peut se faire facilement sur un animal. Si on ouvre la cage thoracique d'une grenouille, on peut alors observer les contractions du cœur et constater la périodicité régulière de son fonctionnement.

Au cours de chaque battement du cœur, on voit se succéder la contraction des oreillettes et celle des ventricules. On peut distinguer 3 phases dans un battement cardiaque:

- la contraction des oreillettes ou systole auriculaire: le sang est chassé des oreillettes dans les ventricules;
- la contraction des ventricules ou systole ventriculaire: le cœur subit un léger mouvement de torsion et le sang est chassé dans les vaisseaux;

- le repos général du cœur ou diastole : les oreillettes et les ventricules se relâchent. Ces 3 phases qui se succèdent toujours dans le même ordre constituent une révolution cardiaque.

Le rythme cardiaque est d'environ 72 battements à la minute chez l'homme. Il varie d'un individu à un autre et n'est pas constant chez une même personne. Il est accéléré pendant l'exercice musculaire, la fièvre, la position du corps (74, debout, 68, couché). Il varie aussi avec l'âge: (120 à un an, 100 à 3 ans, 80 à 90 ans).

L'analyse de la révolution cardiaque peut se faire avec plus de précision en employant la méthode graphique: la cardiographie. Elle peut être interne ou externe.

I.- CARDIOGRAPHIE INTERNE.-

Par les veines et les artères, on peut introduire deux sondes jusque dans les cavités du cœur (l'une dans l'oreillette droite et l'autre dans le ventricule droit) de l'homme. Ces sondes permettent de mesurer la pression du sang à l'intérieur du cœur et d'enregistrer des variations.

ETUDE DU TRACE CARDIOGRAPHIQUE.-

Le tracé cardiographique ou **cardiogramme** obtenu avec un cœur battant normalement est une courbe. Lorsque la courbe monte, on a une période d'activité ou systole (systole auriculaire et ventriculaire). La chute des courbes correspond à sa phase de relâchement.

L'étude du cardiogramme normal nous permet de comprendre le fonctionnement du cœur pendant les 3 phases de sa révolution:

- Pendant la **systole auriculaire**, les oreillettes, pleines de sang se contractent, chassent le sang dans les ventricules qui se dilatent. Les ventricules se contractent à leur tour (**systole ventriculaire**) compriment le sang et l'expulsent dans les artères. Il y a fermeture des valvules sigmoïdes, ce qui entraîne le passage du sang dans les troncs artériels. Lorsque les ventricules se relâchent, l'élasticité de ceux-ci fait refluer le sang vers le cœur et il y a fermeture brusque des valvules sigmoïdes.
- **Repos du cœur ou diastole.-**
Pendant la diastole, les oreillettes et les ventricules, décontractés se remplissent du sang arrivé par les veines grâce à l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires. La phase de contraction et la phase de repos cardiaque ont une durée égale; le cœur est pratiquement infatigable.

BRUITS DU CŒUR.-

L'oreille, posée sur la poitrine dans la région du cœur, permet d'entendre 2 bruits distincts pour chaque pulsation:

- Un bruit fort, grave et prolongé se produit au début de la systole ventriculaire, il a son maximum d'intensité vers la pointe du cœur. Ce bruit est dû à la pression du sang contre les parois des valvules auriculo-ventriculaires et les vibrations du myocarde qui se contracte.
- Un 2^e bruit, plus clair, bref et plus intense à la base du cœur. Il se produit au début de la diastole ventriculaire. Il correspond à la fermeture des valvules sigmoïdes. Si les valvules sont altérées soit à cause d'une malformation, soit par une inflammation de l'endocarde, il se produit des bruits anormaux ou souffles.

FONCTIONNEMENT NERVEUX DU CŒUR.- (AUTOMATISME CARDIAQUE)

Le cœur est un organe automatique; il entretient par lui-même ses contractions. Le fonctionnement automatique du cœur est dû à l'activité d'un tissu spécial appelé **tissu nodal**. Ce tissu a la même structure qu'un tissu musculaire embryonnaire. Observé au microscope, il apparaît constitué de cellules grêles, cylindriques, avec un noyau allongé (**nœud sinusal**) au sein d'un cytoplasme granuleux.

Ce noyau est en relation avec un autre noyau situé à la base de la cloison inter-auriculaire: le nœud septal; de celui-ci part un faisceau de fibres, constitué également de tissu nodal. Les cellules du tissu nodal possèdent la faculté de se contracter spontanément et rythmiquement. Donc: l'excitation initiale semble bien naître dans le nœud sinusal, par contraction spontanée et serait ensuite conduite aux différents éléments du myocarde sous forme d'une onde contractile spontanée parcourant le tissu nodal.

ACTION DU SYSTEME NERVEUX SUR LE CŒUR.-

Le cœur est en relation avec le système nerveux général par des nerfs de 2 origines différentes. Il possède une double innervation. Il reçoit une branche de chacun des nerfs pneumogastriques d'une part, et d'autre part, des nerfs orthosympathiques. Ces nerfs se ramifient à la partie supérieure du cœur et dans la région de la crosse aortique où il forment un réseau nerveux appelé plexus cardiaque d'où partent des fibres nerveuses qui se terminent dans le myocarde.

ACTION DES NERFS PNEUMOGASTRIQUES.-

Le nerf pneumogastrique a une action modératrice sur le cœur. L'excitation du pneumogastrique ralentit les battements du cœur, elle diminue son tonus et la puissance de ses contractions. Cependant, si l'excitation répétée se prolonge, on constate un phénomène d'échappement, dû à l'action modératrice du pneumogastrique. La section des 2 nerfs pneumogastriques entraîne une accélération importante des battements du cœur. Donc, l'action modératrice du pneumogastrique est normalement une action tonique, permanente; cette action peut s'accroître momentanément par les excitations portées sur l'un d'eux.

ACTION DES NERFS ORTHOSYMPATHIQUES.-

Les nerfs orthosympathiques cardiaques accélèrent les battements du cœur, augmentent l'énergie de ses contractions. Ces nerfs sont accélérateurs du cœur et sont donc antagonistes des nerfs pneumogastriques. Dans l'organisme, le cœur est soumis aux 2 actions opposées des nerfs pneumogastriques et orthosympathiques.

ROLE DES NERFS DU CŒUR.-

L'accélération du rythme cardiaque lors d'une activité musculaire est due à une diminution de l'action modératrice des nerfs pneumogastriques et à un accroissement de l'action accélérateur des nerfs orthosympathiques. Ces nerfs interviennent dans le fonctionnement du cœur en modifiant l'activité de cet organe de façon que l'organisme puisse s'adapter à des activités diverses, ou faire face à des circonstances nouvelles. L'action des nerfs sur le cœur aide à maintenir l'équilibre physiologique de l'organisme, car le fonctionnement du cœur est étroitement lié à celui des autres organes.

PHYSIOLOGIE DES ARTERES CIRCULATION DANS LES ARTERES.-

Les artères ont des parois musculaires et élastiques. Grâce à leur élasticité, les grosses artères se dilatent à chaque onde sanguine expulsée par le ventricule, puis reprennent leur calibre initial. Ces mouvements des parois artérielles favorisent l'écoulement du sang et le transforment de mouvement discontinu et saccadé dans les grosses artères en mouvement continu dans les vaisseaux. L'élasticité des grosses artères régularise et augmente le débit sanguin, diminuant ainsi le travail du cœur. Les moyennes et les petites artères sont surtout contractiles. Selon leur degré de contraction ou de dilatation, elles règlent le débit du sang dans les organes qu'elles irriguent et évitent les variations locales de pression artérielle.

PULSATION.-

Certaines artères superficielles (artère radiale au poignet, par exemple) permettent, par simple palpation, de mesurer le rythme cardiaque. La pulsation que l'on peut sentir est due à la distension de l'aorte par des ondes sanguines successives. Grâce à l'élasticité des artères, cette distension se

propage comme une onde jusqu'au poignet où on peut le constater. La vitesse de propagation de cette onde le long de l'artère est de 9 mètres par seconde. On peut enregistrer les mouvements du pouls à l'aide d'un appareil appelé sphygmomanomètre.

PRESSION ARTERIELLE.-

Le sang dans les artères sous une pression appelée «pression artérielle.» Cette pression est due au fait que les capillaires opposent une grande résistance à cause de leur faible calibre au passage du sang du système artériel dans les systèmes veineux. Cette résistance n'est vaincue que parce que la pression atteint une certaine valeur. La pression sanguine qui a sa valeur la plus élevée à l'orifice de l'aorte, diminue progressivement dans les petites artères pour devenir nulle à l'embouchure des veines dans l'oreillette droite. La mesure de la pression artérielle peut être faite au moyen d'un brassard pneumatique. La pression artérielle est maximale au moment de la systole, 14 mm de mercure, et minimale au moment de la diastole, 8 mm de mercure en moyenne.

II- LA CIRCULATION LYMPHATIQUE: LA LYMPHE.-

1.- DEFINITION DE LA LYMPHE.-

La lymphe est un liquide incolore, transparent, de réaction alcaline, très abondant, formant environ le quart du poids du corps. (Le corps de l'homme en referme environ 16 litres). Elle nourrit les tissus de l'organisme dont elle baigne directement toutes les cellules et représente, mieux que le sang, le milieu intérieur où vivent ces cellules. C'est elle qui emplit les ampoules cutanées ou les cloques des brûlures.

2.- COMPOSITION DE LA LYMPHE.-

La composition de la lymphe est analogue à celle du sang, mais elle est dépourvue d'hématies, de globulins et très pauvre en protéines. Elle est formée de plasma et de globules blancs, surtout de lymphocytes qui sont plus nombreux que dans le sang. Le plasma de la lymphe renferme plus d'eau (95%), de moins de protéines, moins de fibrinogène, moins de glucose, plus d'urée, mais autant de chlorure de sodium que le plasma sanguin. La lymphe contient également du dioxyde de carbone, plus abondant que dans le sang, et un peu d'oxygène.

3.- ORIGINE DE LA LYMPHE.-

La lymphe provient du sang. Au niveau des capillaires, une partie du plasma sanguin passe à travers les parois vasculaires et se répand entre les cellules qu'il imprègne. Les leucocytes qui accompagnent le plasma traversant les parois des capillaires, émigrent vers le sang et en reviennent (diapédèse).

4.- APPAREIL LYMPHATIQUE.-

L'appareil lymphatique comprend:

- 1°) des capillaires lymphatiques sans communication directe avec les capillaires sanguins. Ceux de la muqueuse intestinale sont appelés vaisseaux chylifères, ils déversent dans la lymphe certains produits de la digestion intestinale, notamment de l'eau et des graisses.
- 2°) deux canaux.-
 - a) le canal thoracique qui reçoit la lymphe de la partie inférieure et de la moitié supérieure gauche du corps et débouche dans la veine sous-clavière gauche;
 - b) la grande veine lymphatique (1 à 2 cm de long) qui la reçoit de la moitié supérieure droite du corps et va la verser dans la veine sous-clavière droite (les veines lymphatiques proviennent de la réunion des capillaires lymphatiques).

3) LES GANGLIONS LYMPHATIQUES.-

Ce sont de renflements rosés situés sur le trajet des vaisseaux lymphatiques, notamment au point de jonction de plusieurs canaux lymphatiques, (ces ganglions sont nombreux à l'aisselle, au cou, et près des viscères : grosseur, celle d'une tête d'épingle à celle d'un haricot).

5.- CIRCULATION LYMPHATIQUE.-

La lymphe remplit les cavités entre les cellules; elle est constamment refoulée par celle qui arrive des capillaires sanguins, elle pénètre lentement alors dans les capillaires lymphatiques, puis dans les vaisseaux lymphatiques. De là, elle se rend par le canal thoracique, la grande veine lymphatique et les sous-clavières dans l'oreillette droite du cœur. La circulation lymphatique n'est pas une véritable circulation, la lymphe ne revient pas à son point de départ; c'est un simple mouvement dans le système lymphatique, des tissus vers les veines sous-clavières.

CAUSES.-

La progression de la lymphe se fait dans les vaisseaux lymphatiques sous les mêmes influences que la circulation sanguine veineuse. Elle est due à deux sortes de causes:

1) une première cause: la pression sanguine, qui pousse la lymphe ancienne dans les vaisseaux.

2) des causes annexes: Les mouvements respiratoires, qui aspirent la lymphe vers la cage thoracique.- les contractions musculaires, qui compriment les veines lymphatiques.

Le jeu des valvules provoque, comme dans les veines, l'orientation du courant lymphatique vers les veines sous-clavières.

6.- ROLE DE LA LYMPHE.-

La lymphe joue un rôle important dans la nutrition des cellules en venant baigner tous les tissus. Elle fournit au sang les éléments neufs qui remplacent les éléments usés (graisse, phagocytes). Elle aide à la cicatrisation des plaies. De plus, par ses globules blancs, la lymphe défend l'organisme, contre l'invasion des micro-organismes pathogènes, des microbes dangereux, et elle sécrète les antitoxines qui paralysent les toxines microbiennes et assurent l'immunisation en favorisant la sérothérapie.

Dès qu'un corps étranger pénètre en un point de notre organisme, les cellules lymphatiques se mobilisent en quelque sorte et viennent entourer ce corps en essayant de le digérer, de le détruire. Elles y réussissent souvent surtout quand il s'agit de microbes qui sont digérés jusqu'aux ganglions lymphatiques dont les cellules se multiplient pour arrêter les germes dans leur marche envahissante. Aussi, les ganglions se tuméfient-ils par suite du travail de leurs globules blancs.

Les vaisseaux lymphatiques absorbent les différentes substances avec une grande facilité. C'est ainsi qu'une blessure faite au pied amène rapidement le gonflement des ganglions de l'aîne dont les cellules se multiplient pour arrêter les microbes qui ont pu s'introduire par la blessure. Si la plaie persiste, les ganglions s'enflamment et suppurent et laissent des traces caractéristiques.

Remarques.-

L'homéostasie est le maintien, par un fonctionnement intérieur différents organes, d'un milieu intérieur stable pour le bien être du corps: état, d'équilibre corporel (maintien de l'état d'équilibre de l'environnement interne de l'organisme.

LA RESPIRATION

DEFINITION.-

La respiration est la fonction par laquelle se font des échanges gazeux entre un être vivant et le milieu extérieur. Ces échanges consistent en une absorption de dioxygène et en un rejet de produits gazeux (dioxyde de carbone, vapeur d'eau). Chez l'homme, ils se font à travers un appareil spécialisé: **appareil respiratoire.**

ANATOMIE DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE.-

L'appareil respiratoire de l'homme se compose des voies respiratoires et des poumons.

I.- LES VOIES RESPIRATOIRES.-

Elles comprennent: les fosses nasales, le pharynx, le larynx, la trachée-artère et les bronches.

A.- LES FOSSES NASALES.-

Elles s'ouvrent à l'extérieur par les narines. Dans la partie externe, les fosses nasales possèdent la même structure que la peau; elles sont pourvues de poils qui jouent un rôle protecteur en débarrassant l'air qui pénètre dans l'organisme des poussières. Elles sont tapissées intérieurement par la muqueuse nasale, toujours humide et richement vascularisée. Cette vascularisation a pour rôle de réchauffer l'air qui pénètre par les narines. Cet air arrive dans les poumons à la température du corps.

B.- LE PHARYNX.-

Le pharynx est le carrefour où se croisent les voies respiratoires et digestives. (Voir les chapitres relatifs à la digestion).

C.- LE LARYNX.-

Le larynx est un organe cartilagineux qui s'ouvre à la partie supérieure par la glotte surmontée de l'épiglotte. A l'intérieur se trouvent deux replis musculaires: les cordes vocales qui peuvent vibrer dans le courant d'air respiratoire en permettant l'émission de la voix. Le larynx forme une saillie, la pomme d'Adam, sur le devant du cou.

D.- LA TRACHÉE-ARTÈRE.-

La trachée-artère est un tube souple, élastique, long de 12 cm, situé en avant de l'œsophage. Elle est maintenue ouverte par des anneaux cartilagineux (15 à 20) régulièrement disposés. Ces anneaux sont incomplets et le cartilage est remplacé par des fibres musculaires au voisinage de l'œsophage. Elle se divise dans la cage thoracique en deux grosses bronches, une par poumon. La paroi interne de la trachée est tapissée d'une muqueuse couverte de cils vibratiles se mouvant de bas en haut, elle est pourvue de glandes à mucus.

E.- LES BRONCHES.-

Les bronches sont des ramifications de la trachée-artère se rendant chacune à un poumon. Elles constituent le véritable organe de la respiration. La bronche droite est courte (20 à 25 mm) alors que la bronche gauche est plus longue et plus grêle (45 à 50 mm). Elles sont

formées d'anneaux cartilagineux complètes. Chaque bronche pénètre dans le poumon au niveau d'une dépression: le hile.

- Arrivées dans les poumons, elles se divisent en autant de bronches secondaires qu'il y a de lobes pulmonaires. A l'intérieur des poumons, chaque bronche secondaire se ramifie en bronches de diamètre plus petit, appelées bronchioles. L'ensemble de la trachée et de toutes ses ramifications forme l'arbre aérifère ou trachée-bronchique.

Structure des bronches.-

La paroi des bronches a la même structure que la trachée-artère avec anneaux cartilagineux interrompus à l'arrière et fibres musculaires lisses dans l'espace ainsi dépourvu de cartilage. Les bronches secondaires ont une paroi épaisse avec présence de 2 tuniques: une tunique externe, fibre élastique et une tunique interne, muqueuse.

II.- LES POUMONS.-

Ils occupent la plus grande partie de la cage thoracique et sont situés de chaque côté du cœur. Le poumon droit, plus gros, est partagé en trois lobes, tandis que le poumon gauche, plus petit, n'en possède que deux. La capacité totale des deux poumons chez l'adulte est d'environ 5 litres. Les poumons, masses spongieuses et élastiques, sont roses chez l'enfant et gris chez l'adulte et le vieillard.

A.- LES PLEVRES.-

Les poumons sont entourés d'une membrane séreuse, appelée plèvre; cette membrane est formée de 2 feuillets: l'un est appliqué contre la paroi thoracique: c'est le feuillet pariétal, l'autre adhère au poumon: c'est le feuillet viscéral. Entre les 2 feuillets se trouve le liquide pleural qui facilite le glissement des feuillets et les mouvements respiratoires. L'inflammation de la plèvre ou pleurésie donne lieu à un épanchement du liquide entre les deux feuillets, ce qui rend la respiration oppressée et douloureuse.

LES VAISSEAUX SANGUINS.-

Au niveau du hile, pénètrent dans chaque poumon une bronche et des vaisseaux sanguins. Ces vaisseaux sont au nombre de 3: une artère et deux veines, qui vont se ramifier en suivant les bronches. Le sang veineux arrive aux poumons par l'artère pulmonaire. Celle-ci part du ventricule droit et se divise en artères pulmonaires droite et gauche. Ces 2 artères se ramifient en un système de vaisseaux de plus en plus fins. Les artéoles qui forment autour des vésicules pulmonaires des réseaux de capillaires d'où naissent les veines pulmonaires. Le sang revient au cœur par des veinules, puis par des veines de plus en plus grosses. Deux veines sortent de chaque poumon et ces 4 veines pulmonaires débouchent dans l'oreillette gauche.

C.- STRUCTURE DES POUMONS.-

a) Les lobules pulmonaires: La surface des poumons est divisée en petites masses polygonales, appelées lobules pulmonaires. Chaque lobule a la forme d'une pyramide et se trouve à l'extrémité de chacune des ramifications des bronches. Il adhère au lobule voisin par un tissu conjonctif fibreux, ce qui explique l'élasticité des poumons. Une bronchiole pénètre dans chaque lobule et s'y ramifie, ces ramifications se terminent par de petits sacs, les vésicules pulmonaires dont la paroi présente des bosselures appelées alvéoles pulmonaires.

b) La paroi alvéolaire.- La paroi alvéolaire est une mince muqueuse comprenant:

- un épithélium pavimenteux, où l'on distingue de petites cellules capables de phagocyter les poussières et les microbes contenus dans l'air inspiré;
- des plages cytoplasmiques sans noyau;
- un tissu conjonctif élastique, où circulent les capillaires sanguins.

PHYSIOLOGIE DE LA RESPIRATION (VENTILATION PULMONAIRE)-

La fonction respiratoire comprend deux séries de phénomènes:

- Les uns, **mécaniques**, qui assurent la pénétration de l'air dans les poumons au moment de l'inspiration et le rejet de l'air vicié au cours de l'expiration.
- Les autres, **physico-chimiques**, qui comprennent les échanges gazeux au niveau des poumons (**respiration pulmonaire**) et au niveau des tissus (**respiration des tissus** ou **respiration tissulaire**).

PHENOMENES MECANIQUES DE LA RESPIRATION

A.- MOUVEMENTS RESPIRATOIRES.-

Ce sont des mouvements de déformation de la cage thoracique; chaque mouvement comprend 2 phases, l'**inspiration** ou entrée de l'air dans les poumons et l'**expiration** ou sortie de l'air des poumons.

Chez l'homme au repos, ces mouvements se font **15 à 16 fois par minute**; ce nombre peut s'élever dans certains cas de maladie (**pneumonie**). La fréquence des mouvements s'accroît également avec les exercices musculaires. Elle varie avec les sexes et aussi avec l'âge (45 à la naissance, 25) jusqu'à l'âge de 5 ans. Elle varie avec l'état physiologique; la digestion l'accélère, le sommeil la ralentit.

VENTILATION PULMONAIRE.-

1.- Ventilation normale (respiration normale)

a) Inspiration normale.-

L'inspiration est un **phénomène actif** et est due à la mise en jeu de plusieurs muscles respiratoires (diaphragme, scalène, surcostaux et intercostaux externes). Le rôle essentiel est dévolu au diaphragme dont la contraction aspire en moyenne 60% de l'air qui entre dans les poumons. Pendant l'inspiration normale, le diaphragme se contracte et s'abaisse, les muscles inspireurs (scalène, surcostaux et intercostaux externes) soulèvent les côtes. Ce mouvement des côtes projette le sternum en avant; il y a augmentation de volume de la cage thoracique, suivant les mouvements du thorax; il en résulte donc une entrée de l'air dans les poumons.

b) Expiration normale.-

L'expiration normale est un **phénomène passif** résultant du relâchement des muscles inspireurs. Le diaphragme se relève, les côtes s'abaissent et le sternum revient en arrière. Cage thoracique et poumons reprennent leur position initiale. Par suite, leur volume diminue: il en résulte alors une expulsion d'air des poumons.

2.- Ventilation forcée (respiration forcée)

a) Inspiration forcée.-

On peut, volontairement, augmenter l'amplitude de l'inspiration et faire pénétrer une plus grande quantité d'air dans les poumons: c'est une inspiration forcée. Pendant l'inspiration forcée, la cage thoracique se dilate au maximum grâce à l'intervention des muscles supplémentaires qui s'insèrent sur le squelette de la tête, du cou et du thorax (sterno-cléido-mastoïdien, les pectoraux, etc.). Ces muscles en se contractant, soulèvent l'ensemble des côtes, de la clavicule et du sternum.

b) Expiration forcée.-

Contrairement à l'expiration normale, l'expiration forcée est un phénomène actif dans lequel interviennent les muscles expirateurs (intercostaux internes et sous-costaux) qui abaissent les côtes. Les muscles de la paroi abdominale, en se contractant, refoulent les viscères abdominaux vers le haut et par suite font remonter davantage le diaphragme dans la cage thoracique. La cage thoracique en diminuant de volume comprime les poumons qui expulsent au dehors l'air contenu dans les alvéoles pulmonaires.

B.- MODIFICATIONS DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES.-

Les mouvements respiratoires normalement réguliers peuvent être modifiés dans certaines circonstances:

- Péternement, inspiration profonde suivie d'une expiration brusque à travers les fosses nasales;
- le rire, expiration sonore et saccadée;
- le hoquet résultat d'une contraction brusque et convulsive du diaphragme, ce qui provoque un appel d'air suffisamment violent pour faire vibrer les cordes vocales,
- le sanglot, inspiration due à des contractions successives et saccadées du diaphragme;
- le bâillement inspiration profonde suivie des contractions des muscles abaisseurs de la mâchoire.

La Toux.-

C'est un mécanisme de défense qui se produit quand un corps étranger s'introduit dans les voies respiratoires. C'est une expiration forcée, sonore, qui a pour effet de rejeter au dehors les corps étrangers « avalés de travers » ou les mucosités qui encombrerent les voies respiratoires.

C.- VOLUMES D'AIR ET CAPACITES PULMONAIRES.-

On peut mesurer les quantités d'air absorbé ou rejeté au cours des ventilations normale et forcée à l'aide d'un appareil appelé spinomètre.

Dans la respiration normale, il y a entrée et sortie de 500 cc d'air (0,5 litre); ce demi-litre d'air est l'air courant. En plus de l'air courant, chaque inspiration forcée fait entrer dans les poumons 1,5 L d'air: C'est l'air complémentaire. En plus de l'air courant, chaque expiration forcée chasse des poumons 1,5 L d'air: c'est l'air de réserve. Le volume d'air qui entre et sort des poumons au cours d'une ventilation forcée (inspiration forcée, suivie d'une expiration forcée), est désigné sous le nom de capacité vitale, c'est-à-dire la quantité d'air renouvelable dont on peut disposer. La capacité vitale est donc la somme:

air complémentaire (1,5 L) + air courant (0,5 L) + air de réserve (1,5 L) = 3,5 litres.

Après une expiration forcée, il reste encore de l'air dans les poumons c'est l'air résiduel (1,5 L).

La capacité totale des poumons est la somme:

capacité vitale (3,5 L) + air résiduel (1,5 L) = 5 litres.

La capacité vitale est une notion physiologique importante, elle permet de connaître la résistance de l'individu à l'effort. Elle varie d'un individu à l'autre et aussi dans de nombreux cas de maladies (maladies pulmonaires et cardiaques).

PHENOMENES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA RESPIRATION

ECHANGES GAZEUX RESPIRATOIRES

A.- MODIFICATIONS DE L'AIR DANS LES POUMONS.-

Pour montrer les modifications de l'air expiré, on peut réaliser les expériences suivantes:

- a) On souffle à l'aide d'un tube de verre dans un flacon contenant de l'eau de chaux; celles-ci se trouble par suite de la formation du carbonate de calcium. Ce carbonate s'est formé à partir du CO₂ fourni par l'air expiré.



- b) On souffle sur une paroi froide, glace ou verre, par exemple, elle se couvre de buée qui résulte de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air expiré. L'air expiré est donc riche en dioxyde de carbone et en eau.

L'air inspiré a une composition fixe, tandis que l'air expiré a une composition différente suivant qu'il s'agit de l'air provenant du début ou de la fin de l'expiration.

Le tableau suivant permet de comparer la composition en volumes (pour 100 cm³) de l'air inspiré et de l'air expiré.

GAZ	Azote N ₂	Oxygène O ₂	Dioxyde de Carbone CO ₂	Vapeur d'eau
Air inspiré (100cm ³)	79 cm ³	21cm ³	Traces	Variables selon l'état hygrométrique
Air expiré (100 cm ³)	79 cm ³	16 cm ³	5 cm ³	Saturation

Ainsi, l'air expiré renferme moins d'oxygène et plus de dioxyde de carbone que l'air inspiré. Il est aussi plus riche en vapeur d'eau, et il est plus chaud (température 37°5).

B.- MODIFICATIONS SUBIES PAR LE SANG: HEMATOSE (OXYGENATION DU SANG).-

Les modifications subies par l'air dans les poumons résultent de ses échanges avec le sang. En comparant les gaz du sang qui arrive aux poumons par l'artère pulmonaire et les gaz du sang qui quitte les poumons par les veines pulmonaires, on peut bien mettre en évidence le rôle du sang.

Gas	O ₂	CO ₂	N ₂
Artère pulmonaire (100 cm ³ de sang)	12 cm ³	48 cm ³	2 cm ³
Veine pulmonaire (100 cm ³ de sang)	20 cm ³	40 cm ³	2 cm ³

Ainsi, tandis que l'air expiré s'enrichit en CO_2 et s'appauvrit en O_2 , le sang des veines pulmonaire (sang traversant les poumons) s'enrichit en O_2 dans l'air inspiré et s'appauvrit en CO_2 rejeté par l'air expiré. Quand à l'azote, gaz inerte, il n'est l'objet d'aucun échange et garde alors la même concentration.

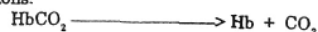
A un appauvrissement de l'air en oxygène correspond un enrichissement du sang en ce même gaz; donc de l'oxygène passe de l'air dans le sang. De même, lorsque le sang s'appauvrit en CO_2 l'air s'enrichit en ce même gaz, ainsi, du dioxyde de carbone passe du sang dans l'air. Ce sont donc des échanges gazeux entre le sang et l'air alvéolaire qui sont la cause des modifications de l'air expiré.

MECANISME DES ECHANGES.-

Les lois physiques suffisent pour expliquer les échanges gazeux pulmonaires. En effet, on est en présence de 2 milieux: un milieu gazeux, l'air et un milieu liquide, le sang dans lequel se dissolvent les gaz. Ces échanges se font par osmose. Au niveau des poumons, l'oxygène et le gaz carbonique étant à des pressions différentes dans l'air alvéolaire et dans le sang des capillaires, il se fera à travers l'épithélium pulmonaire un échange gazeux commandé par les différences de pression, d'une part de l'oxygène pulmonaire et du sang des capillaires, et d'autre part du CO_2 des 2 milieux.

Le CO_2 dissous dans le plasma a une pression supérieure à celle du CO_2 de l'air alvéolaire, par osmose, ce gaz passe à travers les parois des capillaires, puis de l'épithélium pulmonaire et arrive enfin à la vésicule pulmonaire pour s'échapper avec l'air expiré. Pendant ce temps, la pression de l' O_2 de l'air pulmonaire étant plus grande que celle de l'oxygène du sang veineux (rouge sombre), l'oxygène passe par osmose, des poumons dans le sang et se fixe sur l'hémoglobine pour donner l'oxyhémoglobine HbO_2 que le sang apportera aux tissus.

Le mécanisme de la respiration est un phénomène de dissociation, suivi d'un phénomène de diffusion. Par dissociation, la carbohémoglobine libère le CO_2 qui passe dans le sang et par osmose dans les poumons:



De même, le dioxygène de l'air alvéolaire pénètre, par osmose, dans le sang, s'y dissout et se combine à l'hémoglobine



A.- ECHANGES GAZEUX ENTRE LE SANG ET LES TISSUS.-

On peut également expliquer les échanges au niveau des tissus par l'existence de différence de pression de l' O_2 et du CO_2 dans le sang et dans le protoplasme cellulaire. Dans le sang, la pression de l' O_2 est de 100mm de Hg, tandis que dans les tissus elle est nulle. La pression de CO_2 dans le sang est de 40mm de Hg, dans les tissus, il est de 45 mm. En comparant les différences de pression de l' O_2 et du CO_2 dans le milieu intérieur et dans les tissus, on comprend que l' O_2 diffuse du sang dans les cellules et que le CO_2 diffuse des cellules dans le sang.

1°) ECHANGES D' O_2 AU NIVEAU DES TISSUS.-

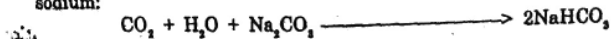
Les processus d'échange sont inverses de ceux observés au niveau des poumons. L' O_2 arrive au niveau des tissus:

- à l'état dissous dans le plasma
- sous forme d'oxyhémoglobine HbO_2 dans les globules rouges. L'oxygène dissous dans le plasma, du fait de sa faible pression, passe dans les cellules en traversant la paroi des capillaires sanguins. Cette diffusion est d'autant plus marquée que la tension d' O_2 des cellules périphériques est basse.

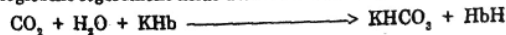
Si le tissu est en activité, sa tension en O_2 dépendra du degré de son activité, la dissociation de l'oxyhémoglobine est plus marquée, et le sang prendra une plus grande quantité d' O_2 , l'oxygène ainsi libéré passe dans les cellules.

2°) ECHANGE DU CO_2 AU NIVEAU DES TISSUS.-

Le CO_2 , produit par les cellules passe, par osmose, dans le plasma, s'y dissout jusqu'à saturation. Il forme avec le carbonate de sodium du plasma, de l'hydrogénocarbonate de sodium:



Une autre partie de CO_2 réagit avec l'hémoglobinate de potassium (en présence d'eau) que l'hémoglobine légèrement acide donne dans le sang:



B.- RESPIRATION DES TISSUS.-

Les cellules vivantes respirent, car le sang leur apporte de l'oxygène. En effet, au cours de son passage dans l'organisme, le sang s'appauvrit en O_2 , et s'enrichit en CO_2 , d'où les changements de coloration du sang: du rouge vif (sang oxygéné) au rouge sombre (sang carbonaté); c'est dans le tissu que s'accomplit la vraie respiration.

L'existence de la respiration cellulaire a été mise en évidence par de nombreuses expériences. Dès 1870, Paul BERT montrait qu'un fragment de muscle vivant placé dans l'air absorbe l' O_2 et rejette du CO_2 .

EXPERIENCE DE PAUL BERT.-

Paul BERT. met en évidence la respiration d'un fragment de tissu isolé de l'organisme. Un fragment de tissu frais (muscle, foie, rein) est placé dans une éprouvette remplie d'air, renversée sur une cuve à mercure et dans laquelle on a introduit de l'eau de chaux pour absorber le CO_2 produit par le tissu.

Au bout d'un certain temps, il constate que le mercure a monté dans l'éprouvette et que l'eau de chaux s'est troublée. La montée du mercure est due à une diminution de pression dans l'éprouvette indiquant l'absorption d'oxygène par le tissu. Le dioxyde de carbone qui s'est dégagé a troublé l'eau de chaux.

Ainsi, les tissus respirent, c'est-à-dire ils absorbent le dioxygène et rejettent le dioxyde de carbone.

ROLE DU SANG DANS LE TRANSPORT DES GAZ RESPIRATOIRES.-

Les échanges gazeux respiratoires se font par l'intermédiaire du sang: c'est le sang qui assure le transport de l' O_2 des poumons vers les tissus et le transport du CO_2 des tissus vers les poumons.

TRANSPORT DU DIOXYGENE.-

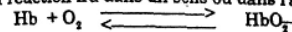
Le transport de l' O_2 est assuré par l'hémoglobine contenue dans les hématies. Au niveau des poumons l'hémoglobine fixe de l' O_2 en donnant de l'oxyhémoglobine:



substance instable qui au niveau des tissus, se décompose en libérant l' O_2 .



Cette dissociation se produit dans les capillaires des organes, au contact des tissus où la concentration en oxygène est faible, la fixation de l'oxygène par l'hémoglobine est un phénomène réversible qui varie avec la concentration du milieu en oxygène. Suivant que le milieu est pauvre ou riche en oxygène, la réaction ira dans un sens ou dans l'autre:



TRANSPORT DU CO₂.

Comme l'O₂, le dioxyde de carbone dissous est la forme intermédiaire entre les cellules et le sang. Le CO₂ est transporté par l'hémoglobine et en partie par le plasma grâce à une intervention indirecte de l'hémoglobine. La plus grande partie du CO₂ se trouve dans le sang sous forme carbonatée, dans les hématies sous forme de HbCO₂ et de KHCO₃ et dans le plasma sous forme d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO₃. Suivant la concentration en CO₂ du milieu, il y aura formation ou dissociation des composés carbonatés avec libération de CO₂.

- Au niveau des tissus où la concentration en CO₂ est élevée, le plasma et les hématies fixent le CO₂ en formant des carbonates.
- Au niveau des poumons, le CO₂ qui se trouve dans le sang des capillaires, passe dans les vésicules pulmonaires, puis les hydrogénocarbonates et carbohéoglobine se dissocient et le CO₂ libre s'échappe.

C.- BILAN DES ECHANGES GAZEUX RESPIRATOIRES.-

Les résultats obtenus par les physiologistes (Paul BERT, Chauveau, par exemple) ont permis de définir deux grandeurs caractéristiques: l'intensité et le quotient respiratoires.

a) Intensité respiratoire.-

L'intensité respiratoire (I.R) se définit par la quantité de dioxygène absorbée ou la quantité de dioxyde de carbone rejetée en un temps donné.

$$I.R = \frac{\text{volume O}_2 \text{ (en cm}^3\text{)}}{\text{Temps (en minute)}}$$

Elle varie avec les tissus considérés: les tissus hépatiques, musculaires, nerveux, respirent plus activement que le tissu osseux. Pour un même sujet, l'intensité respiratoire varie avec l'activité physiologique. Elle croît en période d'activité.

b) Quotient respiratoire.-

Le quotient respiratoire (Q.R) est le rapport du volume de dioxyde de carbone CO₂ dégagé au volume de dioxygène O₂ absorbé pendant un temps donné.

$$Q.R = \frac{\text{Volume CO}_2}{\text{Volume O}_2}$$

La valeur du Q.R. dépend des aliments utilisés par les cellules:

1 pour les glucides, 0,7 pour les lipides et 0,8 pour les protides. Pour l'oxydation d'un glucide, le glucose, par exemple, on a:



$$\text{On a: } Q.R = \frac{6}{6} = 1$$

D.- MECANISME DE LA RESPIRATION CELLULAIRE.-

LAVOISIER a comparé la respiration à une combustion lente de matières organiques qui s'effectuent à la température du corps. Elle se fait à l'intérieur des poumons. Le carbone n'est pas le seul élément oxydé au cours de cette combustion, l'hydrogène est oxydé sous forme de vapeurs d'eau, l'azote des protides est rejeté sous forme de NH₃ qui est éliminé par les urines après avoir été transformé en urée dans le foie.

Les travaux de Paul BERT ont montré que les combustions respiratoires ont lieu dans les tissus et non dans les poumons.

D'autre part, les travaux plus récents ont permis de considérer les oxydations cellulaires comme un ensemble de processus faisant intervenir une longue série de réactions, dont chacune dégage peu d'énergie que la cellule peut utiliser; les réactions très complexes dépendent de l'action de différentes diastases;

- des oxydases qui permettent la fixation d'oxygène sur certaines substances,
- des hydrogénases ou deshydrases qui arrachent l'hydrogène aux molécules organiques,
- des carboxylases qui arrachent le groupement COO des acides organiques qui apparaissent dans le processus respiratoires, de la catalase qui décompose l'eau oxygénée H_2O_2 en eau (H_2O) et en oxygène moléculaire.

E.- MECANISME DE L'OXYDATION CELLULAIRE.-

Plusieurs théories ont essayé d'expliquer le mécanisme de la respiration cellulaire. La théorie de la déshydrogénation de Wieland, la théorie de l'activation de l'oxygène (de Warburg) et plus récemment, la théorie de Keilin faisant état d'une double activation du métabolite et de l'oxygène.

1.- Théorie de la déshydrogénation.- (Wieland).-

Sous l'action d'une diastase appelée **déshydrase** ou **déshydrogénase**; les molécules des aliments subissent une déshydrogénation (de l'hydrogène est détaché d'une molécule organique). L'hydrogène arraché aux molécules organiques n'est jamais libéré, il est capté par un transporteur T qui, à son tour, peut le céder à un autre transporteur; il s'établit toute une série de réactions en chaîne jusqu'à ce que le dernier transporteur cède l'hydrogène capté à un accepteur: l'oxygène. Il se forme alors de l'eau H_2O et parfois de l'eau oxygénée H_2O_2 qu'une catalase décompose en H_2O et O_2 . Dans les cellules, il existe toute une série de transporteurs d'hydrogène, le glutathion (tripeptide soufre), la vitamine C, la vitamine K, l'adrénaline, certains acides organiques.

2.- Théorie de WARBURG.-

Le dioxygène absorbé au cours de la respiration, est sans action appréciable à la température des cellules: il devait être actif pour pouvoir réaliser les oxydations. Cette activation consiste en la transformation de O_2 en ion oxyde O^{2-} , doué d'un grand pouvoir oxydant. L'activation est le fait du ferment rouge de Warburg ou **cytochrome-oxydase**. Le cytochrome est une hétéroprotéine renfermant du fer. L'ion ferreux (Fe^{2+}) qu'il possède passe à l'état d'ion ferrique Fe^{3+} en cédant un électron à l' O_2 qui se trouve activé. Les cytochromes sont des porteurs d'électrons; ils catalysent l'oxydation de nombreuses substances. En se réduisant, ils peuvent ensuite se réoxyder au contact du dioxygène moléculaire, ils jouent le rôle d'oxydase, d'où le nom de Cytochrome-oxydase.

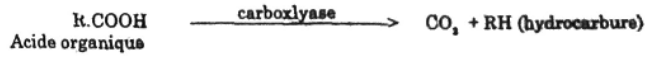
3.- Théorie de KEILIN.-

Les 2 processus, déshydrogénation et activation de l'oxygène, interviennent tous les deux et représentent 2 phases conjuguées. C'est la conception de la double activation, actuellement considérée comme traduisant les mieux les processus respiratoires qui se déroulent dans les cellules.

- a) Par déshydrogénation, une molécule organique perd, grâce aux déshydrases et aux transporteurs, un ou plusieurs hydrogènes qui sont activés.
- b) Le dioxygène est transformé en O_2 actif par la Cytochrome-oxydase qui lui fournit 2 électrons provenant de l'hydrogène. Finalement, oxygène et hydrogène actifs, s'unissent pour donner de l'eau, et parfois de l'eau oxygénée qu'une catalase décompose en eau et en oxygène.

- 1) $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$;
- 2) $\frac{1}{2} O_2 + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$
- 3) $2 H^+ + O^{2-} \longrightarrow H_2O$
- 4) $2 H^+ + 2O^{2-} \longrightarrow H_2O_2$
- 5) $H_2O_2 \longrightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$

Le carbone des molécules organiques déshydrogénées est éliminé sous forme de CO_2 . Le carbone ne subit pas l'oxydation directe par l'oxygène. Il se détache progressivement des molécules organiques par dislocation de celle-ci. Des carboxylases interviennent et le CO_2 se sépare des molécules organiques. Tout le gaz carbonique rejeté par les poumons provient de la réaction suivante



La respiration cellulaire doit être considérée comme une série de déshydrogénation que subissent les molécules organiques auxquelles se joignent des carboxylations, des décarboxylations et des déshydratations. L'oxygène n'intervenant qu'en tant qu'accepteur d'hydrogène libéré.

F.- RÔLE DE LA RESPIRATION.-

Le phénomène respiratoire permet le maintien à un certain niveau du potentiel d'oxydoréduction cellulaire, condition d'un fonctionnement normal. Il conduit à la libération d'une quantité importante d'énergie. Cette énergie, libérée progressivement, permet les réactions chimiques de l'activité nerveuse des sécrétions, ou est transformé en énergie mécanique au cours de la contraction musculaire.

D'une façon générale, la respiration maintient la température optima pour l'accomplissement normal de toutes les fonctions de la cellule.

Remarque.-

«L'hématose consiste essentiellement en une dissociation de la carbohémo-globine en hémoglobine et CO_2 , au niveau de l'appareil respiratoire, sous faible pression de CO_2 et en une recombinaison de l'hémoglobine avec O_2 , sous forte pression, pour donner de l'oxyhémo-globine (HBO), l'oxygène se fixant sur l'atome de fer de l'hème.»

CHAPITRE DIX-NEUVIEME

L'ELIMINATION DES DECHETS (EXCRETION)

La fonction d'excrétion a pour effet de débarrasser l'organisme des déchets de la vie cellulaire et des produits nuisibles déversés dans le sang et la lymphe. Cette fonction est exercée par les poumons qui rejettent le CO_2 , les glandes sudoripares qui sécrètent la sueur, le foie qui sécrète la bile, les reins qui excrètent l'urine.

A- ANATOMIE DE L'APPAREIL URINAIRE-

L'appareil urinaire comprend 2 parties: les reins et les voies urinaires:

1- LES REINS.-

Les reins (rognons des animaux de boucherie) sont des organes glandulaires massifs, rougeâtres, en forme de haricots pesant environ 150g. chacun. Ils sont situés sous le diaphragme, de part et d'autre de la colonne vertébrale et en dehors du péritoine. Chaque rein présente du côté interne une concavité ou hile, livrant passage à l'artère rénale venant de l'aorte et à la veine rénale qui se rend à la veine cave inférieure. A la partie supérieure des reins se trouvent de petites masses jaunâtres, richement vascularisées pesant 6g. chacune: ce sont les capsules surrénales qui n'interviennent pas dans l'élimination de l'urine. Du hile part l'uretère qui va à la vessie.

Le rein droit est situé plus bas que le rein gauche, à cause de la présence du foie.

STRUCTURE DES REINS.-

Un rein coupé longitudinalement montre de l'extérieur vers l'intérieur:

- 1°) une membrane fibreuse, résistante qui enveloppe complètement l'organisme: c'est la capsule rénale;
- 2°) une région externe (zone corticale, ou écorce), jaunâtre, d'aspect granuleux renfermant de très nombreux tubes microscopiques (1 million par rein); On distingue dans cette zone:
 - les colonnes de Bertin placées entre les pyramides de Malpighi;
 - les pyramides de Ferrein qui sont des prolongements coniques émis par la base des pyramides de Malpighi.
- 3°) une région interne, d'aspect strié de couleur rouge foncé: c'est la zone médullaire, formée de 10 à 12 pyramides indépendantes à sommet interne, les pyramides de Malpighi. Chaque pyramide est un faisceau de tubes très fins dont la base est appliquée contre la substance corticale et dont le sommet est terminé par une papille et est dirigé vers le hile. Chaque papille est percée de très nombreux orifices ou pores urinaires par où s'échappe l'urine.
- 4°) une cavité ou bassinnet, tapissé d'une membrane blanchâtre présentant des dépressions ou calices qui coiffent les pyramides. Le bassinnet s'ouvre à l'extérieur par l'uretère.

Un rein est formé en grande partie de nombreux tubes microscopiques, les tubes urinaires enchevêtrés avec les vaisseaux sanguins et plongés dans un tissu conjonctif.

a) **LE TUBE URINIFERE OU NEPHRON (Unité physiologique du rein).**

Chaque tube urinifère est formé d'une capsule (capsule de Bowman), situé dans la zone corticale dans laquelle vient se loger un réseau de capillaires sanguins qui forme le glomérule de Malpighi. L'ensemble formé par la capsule et le glomérule constitue l'un des nombreux corpuscules de Malpighi qui donne son aspect granuleux à la zone corticale.

A la suite de la capsule, le tube se contourne (tube contourné), puis se recourbe en une anse (tube en U ou anse de Henlé) et dont les segments terminaux forment la zone médullaire. Le tube en U aboutit à un canal collecteur droit (canal de Bellini), qui reçoit un très grand nombre d'autres tubes urinifères pour aboutir à l'un des orifices d'une papille.

Structure du tube urinifère.

La structure varie suivant la région considérée:

- la partie contournée et la branche ascendante du tube en U ont un épithélium simple, formé de grosses cellules sécrétrices très actives.
- la branche descendante et la capsule possèdent une couche de cellules épithéliales aplaties.

b) **CIRCULATION RENALE.**

La circulation du sang au niveau des reins est très active. Tout le sang de l'organisme y passe toutes les 3 minutes environ. La totalité du sang passe d'abord dans le glomérule avant de gagner les autres parties du tube urinifère. L'artère rénale qui fournit le sang au tube urinifère se divise dès son entrée dans le rein en un certain nombre de branches qui passent entre les pyramides et forment à la limite des zones corticale et médullaire des arcs artériels. Ces arcs artériels se ramifient à leur tour en artères radiées qui se dirigent vers la région corticale. Des artères radiées partent des artérioles afférentes qui vont donner le glomérule de Malpighi; il se forme ainsi un premier réseau de capillaires dans le corpuscule. Du corpuscule s'échappe une artériole afférente qui se transforme en capillaires qui vont enlacer les tubes urinifères. Il y a au niveau des reins entre le système veineux et le système artériel, deux réseaux de capillaires qui vont fermer le système porte rénale.

II.- **VOIES URINAIRES.**

Les voies urinaires comprennent: les uretères, la vessie et l'urètre.

1.- **LES URETERES.**

Les uretères sont deux canaux à paroi élastique, de 25 cm de long et 5 cm de diamètre. Ils partent des reins, descendent dans la région lombaire jusqu'au niveau du bassin et arrivent à la vessie où ils débouchent obliquement.

2.- **VESSIE ET URETRE.**

La vessie est située dans la partie inférieure de l'abdomen, en arrière du pubis. C'est un réservoir, à paroi mince et contractile, imperméable à l'urine sur le vivant. La vessie est progressivement distendue par l'urine.

La capacité physiologique de la vessie est d'environ 300 cm³; le besoin d'uriner survient lorsqu'elle contient ces 300 cm³ d'urine. La capacité maximale varie de 2 à 3 litres. Elle s'ouvre à l'intérieur par un canal l'urètre, normalement formé par des muscles circulaires (sphincter urénal). L'ouverture de ces muscles et la contraction des parois de la vessie permettent l'évacuation de l'urine. (l'urètre conduit l'urine de la vessie vers l'extérieur).

B.- PHYSIOLOGIE DE L'ELIMINATION URINAIRE.-

L'URINE.-

L'urine est un liquide jaune ambré, a odeur caractéristique, a saveur amère et salée, elle est claire et légèrement acide au tournesol (surtout si le régime alimentaire est carné). Un homme adulte rejette 1.2 à 1.4 litre d'urine par jour. Cette quantité varie dans certaines circonstances.

1.- COMPOSITION CHIMIQUE DE L'URINE.-

La composition de l'urine dépend de l'alimentation. Elle contient:

1°) de l'eau: 950g. par litre,

2°) des sels minéraux: 18 à 20g. par litre,

- des carbonates et des phosphates à l'état de traces, des chlorures de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium. Le chlorure de sodium provient de l'alimentation. On trouve également des phosphates et des sulfates provenant de la dégradation des protides (aliments azotés et phosphorés).

3°) des composés organiques: 30 grammes par litre, l'urée, élaborée par le foie, l'acide urique et les urates. L'urée et l'acide urique peuvent être mis en évidence par le dégagement d'azote que l'on observe quand on ajoute à l'urine de l'eau de Javel. Dans un litre d'urine, on trouve en moyenne 25g. d'urée, 0,6g d'acide urique; l'acide urique existe soit à l'état libre, soit sous forme d'urates.

- Par suite d'un défaut d'élimination, l'urée peut s'accumuler dans le sang avec d'autres constituants urinaires en provoquant une maladie grave, l'urémie. L'acide urique peut former des cristaux dans les articulations (goutte) et des calculs dans les voies urinaires (coliques néphrétiques).

4°) des pigments urinaires: L'urochrome (protide soufre) donne la coloration jaune à l'urine et l'urobiline résultant de la transformation de la bilirubine de la bile au niveau des intestins.

5°) des constituants anormaux: Les plus fréquents sont l'albumine et le glucose.

a) L'albumine.- La présence de l'albumine dans l'urine est décelée par sa coagulation à la chaleur, coagulation renforcée par l'acide acétique. La présence d'albumine dans l'urine détermine l'albuminurie; elle est due à une lésion des tubes urinifères (néphrites).

b) Le glucose.- La présence du glucose dans l'urine (glycosurie) provient d'un excès de glucose dans le sang, dû soit à un mauvais fonctionnement du foie, soit à une mauvaise utilisation du glucose par l'organisme. Elle s'observe dans le cas de diabète. Le glucose est décelé par la liqueur de Fehling à chaud.

c) Toxicité de l'urine.- L'urine est toxique, surtout par ses matières organiques et ses sels de potassium. L'injection de 90 cc d'urine dans le sang d'un lapin suffit pour le tuer. En éliminant l'urine, les reins jouent un rôle essentiel dans l'épuration de l'organisme.

FONCTIONNEMENT DES REINS.-

Pendant longtemps, on a admis que le rein fonctionne comme une glande qui élabore des substances déversées dans le sang. Mais, si on compare la composition de l'urine et celle du plasma sanguin, on voit que tous les éléments présents dans l'urine existaient dans le sang à des concentrations différentes. Le rein a donc pour fonction physiologique d'extraire du sang les éléments qui constituent l'urine. Le rein ne joue que le rôle d'organe d'excrétion.

2.- MECANISME DE LA SECRETION URINAIRE.-

Les tubes urinifères, placés au contact d'un réseau sanguin, puisent dans le plasma certaines substances pour en faire l'urine. Celle-ci suinte au niveau des papilles, tombe goutte à goutte dans le bassin et va s'accumuler dans la vessie.

L'urine se forme en deux étapes:

- par filtration du plasma sanguin au niveau du glomérule de Malpighi;
- par réabsorption sélective au niveau du tube urinifère de certaines substances.

1°) Théorie de la filtration du plasma - (Bowman).-

Les reins se comportent comme un filtre fort complexe qui laisse passer certains constituants de sang et les concentre. Ils s'opposent normalement au passage de certains autres (albumine, glucose, lipide). Les reins laissent passer le glucose, lorsque le sang en contient 1,7% ou davantage.

L'analyse de l'urine glomérulaire montre que celle-ci a la même composition que le plasma sanguin. L'eau, les sels minéraux, l'urée, l'acide urique, le glucose du plasma, à cause de la pression à l'intérieur du glomérule, filtrent à travers les parois de la capsule et pénètrent dans le tube urinifère. Le glomérule est donc perméable à ces substances. On dit que le rein se comporte comme un filtre sélectif.

2°) Réabsorption tubulaire (Ludwig).-

Le liquide, après avoir été filtré, passe dans le tube urinifère. Au cours de ce passage, le liquide va subir le phénomène de réabsorption au niveau des cellules sécrétrices du tube urinifère. L'eau et les substances dissoutes sont réabsorbées par le sang. La réabsorption de l'eau est le phénomène le plus important; 90% d'eau repassent dans le plasma sanguin.

Dans le tube urinifère, la réabsorption d'eau n'est pas expliquée par le phénomène d'osmose, mais par un phénomène identique à la perméabilité sélective de l'intestin. La différence existe dans le fait que dans le tube digestif, la perméabilité sélective agit sur les substances dissoutes, tandis que pour le tube urinifère, elle agit sur l'eau.

Pour le glucose, la réabsorption est totale.

Pour les minéraux, elle est partielle: pour le NaCl, 90% sont réabsorbés et 2% restent dans l'urine. Dans le cas des sels de potassium 90% sont réabsorbés.

D'autres substances ne sont pas réabsorbées dans les tubes urinifères, ce sont des produits de déchets. C'est le cas de l'urée, de l'acide urique, qui restent en totalité dans l'urine.

Notion de seuil rénal.-

Dans le phénomène de réabsorption, il existe une limite qui est marquée par un pourcentage (c'est le seuil). Au-dessous de ce seuil, l'absorption est totale, il n'y a pas d'excrétion. Au-dessus du seuil, il y a réabsorption partielle, l'excédent n'est pas réabsorbé. La réabsorption, complète pour le glucose, et partielle pour les sels minéraux, rend compte de la notion de seuil rénal, c'est-à-dire la limite à partir de laquelle le pouvoir de réabsorption est débordé.

Normalement, le sang renferme 1g. de glucose par litre et l'urine en est totalement dépourvue. Mais, si le sang renferme plus de 1,8g. de glucose par litre, l'excédent passe dans l'urine. On dit que le seuil rénal d'élimination du glucose est de 1,8g. Si le glucose n'est pas un constituant normal de l'urine, c'est parce que le taux normal du glucose sanguin est inférieur au seuil rénal d'élimination de cette substance.

Dans le cas des sels minéraux, le sang renferme 6g. par litre et l'urine est toujours salée; mais, si le sang renferme moins de 5g. de sel par litre (valeur du seuil rénal), l'urine est dépourvue de sel.

Si le sel est un constituant normal de l'urine, c'est parce que le taux normal du sel sanguin est supérieur au seuil normal correspondant.

LE SYSTEME TEGUMENTAIRE

LA PEAU ET LE TOUCHER

I.- STRUCTURE DE LA PEAU (TEGUMENT).-

La peau est une membrane souple et résistante de 0,5 à 2 mm d'épaisseur qui enveloppe entièrement le corps. Elle comprend deux couches de tissus nettement différents; une couche superficielle, formée de tissu épithélial: l'épiderme et une couche profonde, faite de tissu conjonctif fibreux et élastique appelée derme.

1.- L'EPIDERME.-

C'est un épithélium stratifié en continuité directe avec le tube digestif. Il a une épaisseur de 1 mm en moyenne.

10

La partie superficielle de l'épiderme est formée de cellules étroitement juxtaposées qui se renouvellent activement par la prolifération constante des cellules jeunes de la couche profonde. Les plus anciennes sont repoussées vers l'extérieur. Lorsqu'elles parviennent à la surface, leur noyau disparaît, leur cytoplasme se transforme en kératine et forme la couche cornée. Cette couche est très épaisse dans la paume de la main et sous la plante des pieds. Lorsqu'elle ne s'use pas par les frottements, elle s'exfolie sous forme de pellicule.

La partie profonde de l'épiderme appelée encore couche basale ou germinative (assise formatrice) est bien vivante. Elle est constituée de cellules jeunes à gros noyaux et un cytoplasme riche en chondriome. C'est au niveau de la couche basale que se trouvent les grains de pigment qui sont responsables de la coloration de la peau. Ce pigment noir est la mélanine; elle est surtout abondante chez les noirs. Le pouvoir colorant de la mélanine est considérable; il y a à peine 1g de mélanine dans toute la peau d'un noir. L'épiderme est dépourvu de vaisseaux sanguins, il se nourrit aux dépens du sang qui circule dans le derme.

2.- LE DERME.-

C'est la partie la plus épaisse et la plus résistante de la peau; situé sous l'épiderme, le derme est constitué d'un tissu conjonctif contenant un réseau serré de fibres conjonctives, associées à des fibres élastiques qui confèrent à la peau sa résistance et sa souplesse; ce qui lui permet de se mouler sur les muscles qu'elle recouvre.

- a) La partie superficielle (derme superficiel).- en contact avec l'épiderme, présente des saillies ou papilles en relation avec les vaisseaux sanguins qui nourrissent et réchauffent la peau, en particulier, l'épiderme avec lequel ils sont en contact. Le derme contient aussi de nombreux filets nerveux sensitifs se terminant les uns dans les corpuscules tactiles localisés dans les papilles et les autres pénètrent jusque dans l'épiderme.
- b) La partie profonde du derme ou hypoderme (derme profond) est formé d'un tissu conjonctif lâche, plus ou moins riche en graisse, formant le tissu adipeux particulièrement

développé chez certains animaux (Porcs, Baleine) et chez certaines personnes atteintes d'obésité. C'est dans le derme profond que sont implantées les racines des poils et que se trouvent les glandes sudoripares, les glandes sébacées. Plus profondément le derme renferme des corpuscules plus ou moins volumineux, des muscles peuciers, les muscles horripilateurs.

II.- PRODUCTIONS DE LA PEAU.-

Dans l'épaisseur de la peau se trouvent les poils, les ongles, les glandes sudoripares, les glandes sébacées, ces organes sont produits par l'épiderme, puis s'enfoncent profondément dans le derme.

1.- LES POILS (PHANÈRES)-

Ce sont des organes cornés qu'on rencontre sur toutes les parties du corps. Ils prennent le nom de **cheveux** sur la tête et de **barbe** sur la figure. Leur couleur varie d'un individu à un autre. Le poil provient d'un épaissement conique de la couche vivante de l'épiderme. Il apparaît sous forme d'un bourgeon épidermique qui pousse vers le derme. A la base de ce bourgeon se trouve la **papille dermique**. Un poil comprend deux parties: une partie externe, libre, appelée **tige** et une partie enfoncée dans le derme, la **racine**. Cette racine se gonfle pour donner le **bulbe pileux** qui entoure une papille, riche en vaisseaux sanguins et en nerfs. La gaine qui enveloppe le bulbe est appelée **follicule pileux**.

STRUCTURE DU POIL.-

La tige est formée de cellules mortes. Sur une coupe transversale, la tige du poil présente des cellules disposées suivant 3 couches cornées;

- une couche externe ou épiderme du poil, formé de cellules cornées;
- une couche moyenne ou substance corticale dans laquelle se trouvent divers pigments responsables de la nuance du poil,
- la couche interne est occupée par une moelle, bourrée de cellules d'un type spécial.

A la base du follicule se trouve un faisceau de fibres lisses constituant le muscle **horripilateur** ou **érecteur**, qui, en se contractant, soulève le poil et produit la **chair de poule**. Dans la gaine du poil se trouve une glande en grappe, la **glande sébacée**, qui produit le **sébum** ou **suint**, liquide huileux nécessaire pour garder la souplesse au poil et à la peau.

2.- LES ONGLES (PHANÈRES)-

Les ongles ont la même origine. Ils sont formés par l'épiderme de la dernière phalange dont les cellules se groupent d'une manière spéciale. Peu à peu, les cellules deviennent cornées et forment une lame dure qui s'avance vers l'extrémité du doigt. La partie de l'ongle qui couvre la peau est le **limbe**, dont l'extrémité est libre. Près de la racine de l'ongle se trouve une zone claire, c'est la **lunule**, par où se fait la multiplication des cellules. La croissance de l'ongle se fait d'arrière en avant.

3.- LES GLANDES SUDORIPARES.-

Les glandes sudoripares qui sécrètent la sueur, sont formées d'un tube pélotonné appelé **glomérule**, situé dans les couches les plus profondes du derme de la peau. Leur canal excréteur transverse le derme et l'épiderme pour s'ouvrir à la surface de la peau par un pore. On compte environ 2 millions de glandes sudoripares sur toute la surface du corps.

4.- LES GLANDES SEBACEES.-

Ce sont de petites glandes en grappe, situées sur les côtés du poil. Ces glandes sécrètent une substance grasse, le **sébum**, qui lubrifie l'épiderme; ces glandes sont abondantes à la base des poils et dans d'autres régions du corps. Elles sont absentes à la paume de la main et à la plante des pieds.

III. ORGANES TACTILES DE LA PEAU.-

Les fibres nerveuses viennent se terminer dans le derme, parfois même, dans la couche de Malpighi de l'épiderme. Dans la peau, les terminaisons nerveuses sont de deux sortes:

- les terminaisons intra-épidermiques appelées parfois corpuscules intra-épidermiques. Ces fibres nerveuses se rencontrent surtout dans la cornée de l'œil, dans la joue, le dos de la main. Ce sont des régions particulièrement sensibles à la chaleur
- les corpuscules tactiles qui sont adaptés à la perception de diverses sensations. Dans la peau, ils sont situés à différentes étapes : certains sont situés dans la couche profonde du derme, d'autres dans le derme superficiel.

D'après leur forme on peut distinguer 4 sortes:

a) Corpuscules de Vater Pacini.-

Ces corpuscules, ovoïdes, de 1 à 5 mm de long, sont les plus gros et les plus profonds. Ils sont abondants dans les doigts, mais ils peuvent se trouver aussi le long des nerfs se rendant aux muscles, aux os, aux articulations et dans les organes profonds (pancréas, le mésentère, etc.).

b) Corpuscules de Meissner.-

Ce sont de petits corps ovoïdes de 0.1 de mm de diamètre, situés sous l'épiderme et dans les papilles dermiques. On les rencontre dans la paume de la main, la plante des pieds et sur la face interne des papilles terminales des doigts, au niveau de la langue.

c) Corpuscules de Ruffini.-

Ce sont des corps fusiformes de 0,25 mm à 2 mm de long sur 0,25mm de large. Ils sont situés dans le derme profond.

d) Corpuscules de Krause.-

Ils sont très petits et mesurent 0.01 à 0.03 mm. Ce sont des corpuscules les plus rares. Ces corpuscules se trouvent surtout dans la muqueuse de la bouche, dans les papilles filiformes de la langue et dans la conjonctive de l'œil.

FONCTIONS DE LA PEAU.-

Par ces multiples fonctions, la peau se révèle un organe indispensable à l'homme et aux animaux.

1.- FONCTIONS DE PROTECTION.-

- La peau protège l'organisme (organes délicats) contre les agressions du milieu extérieur.
- Grâce à son élasticité et surtout aux cellules de la couche cornée, elle amortit les chocs et résiste aux forces de frottements répétés.
- Par son imperméabilité, elle empêche la pénétration de l'eau et des substances solubles dans l'eau (acides, alcalis, certains poisons).
- Elle fait obstacle aux microbes qui pourraient pénétrer dans l'organisme. Elle les tue par ses sécrétions. Si un microbe arrive à pénétrer dans l'organisme, il est à la longue éliminé par l'exfoliation constante de l'épiderme.
- Elle contribue à protéger l'organisme contre les variations de température. La mauvaise conductibilité thermique (tissu adipeux, poils, plumes, chez les animaux) lui permet de lutter contre le froid, en diminuant la déperdition de chaleur. De plus, les muscles horripilateurs (situés à la racine des poils), en se contractant, dégagent une quantité de chaleur suffisante pour améliorer la température générale.
- Elle intervient également dans la lutte contre le chaud. En effet, lorsque la température du corps augmente les glandes sudoripares produisent la sueur qui, en s'évaporant, abaisse la température.

2.- FONCTIONS DE NUTRITION.-

La peau est aussi un organe d'échange. Elle participe aux différentes fonctions de nutrition :

■ Fonction respiratoire.-

Grâce à ses pores, elle assure des échanges gazeux avec le milieu extérieur. Elle absorbe de l'oxygène et rejette du CO_2 , c'est la **respiration cutanée**: peu importante chez l'homme. Elle est surtout importante chez certains animaux (les batraciens, par ex).

■ Fonction d'excrétion.-

Par ses nombreuses glandes sudoripares, la peau élimine la sueur liquide, dont la composition est analogue à celle de l'urine diluée. Chaque jour, la surface totale de la peau élimine environ 1 litre de sueur renfermant 5g. de sel et 1g. d'urée. Ce rôle d'excrétion est très important, car en éliminant les déchets, elle allège le travail des reins.

■ Fonction d'absorption.-

Elle absorbe partiellement de nombreuses substances : substances grasses (pommade médicamenteuse, crème de beauté) et des solutions alcoolisées (teintures d'iode, par ex). Le soleil et particulièrement les rayons ultra-violet qu'il émet en agissant sur les cellules de la peau, transforme le cholestérol en vitamine D ou vitamine antirachitique. Celle-ci, emportée par le sang dans tout l'organisme, assure une bonne utilisation des sels minéraux.

■ Fonction de réserve.-

Une quantité plus ou moins considérable de graisse s'accumule dans la partie profonde du derme (l'hypoderme) formant le lard des tissus adipeux: c'est la **graisse de réserve**.

3.- FONCTION DE SENSIBILITE.-

La peau est surtout un organe sensoriel. C'est grâce à la peau que l'on peut prendre contact avec la forme des objets, leur dureté, leur densité et leur température. Ce sens du toucher est très développé chez les aveugles et leur permet de rester en contact plus facilement avec le monde extérieur.

La peau est donc le point de sensations de contact et de pression, de chaud et de froid, de douleur. A chacune des sensations correspondent des corpuscules sensoriels.

■ Sensations tactiles.-

Les sensations tactiles sont données par le contact des objets. Elles permettent d'apprécier la forme, la dureté, le poli d'un objet. Elles résultent de la pression exercée par les objets sur les papilles dermiques. L'acuité tactile est en rapport avec le nombre de corpuscules répartis sur une même surface, la pulpe des doigts surtout est sensible et c'est précisément dans cette région de la peau qu'il existe le plus de corpuscules du toucher.

La sensibilité tactile n'est pas uniformément répandue dans la peau. Elle se localise en des points particuliers appelés **points de pression**, entre lesquels l'impression de tact ne se produit plus, il existe plus de 500.000 points de pression situés près des poils, inégalement répartis.

■ Sensations thermiques.-

Elles correspondent à des sensations de chaud et de froid. Il existe dans la peau des terminaisons nerveuses dont l'excitation produit toujours une sensation de chaud et d'autres où elle produit une sensation de froid. Les points de froid sont plus nombreux que les points de chaud (250.000 points de froid contre 30.000 de chaud). Les régions les plus sensibles aux sensations thermiques sont : la poitrine, les ailes du nez, le ventre, les joues.

■ **Sensations douloureuses.-**

Elles peuvent se présenter sous la forme de piqûre et de brûlure. La sensation de brûlure est provoquée non seulement par le chaud, mais aussi par le froid (au dessous de 0°C) et certaines substances (acides, alcalis). Il existe dans la peau des points qui ne répondent que par une sensation douloureuse à toute excitation; ils sont constants. Ces points de douleur sont plus nombreux que les points de pression. La cornée de l'œil ne possède que des points de douleur.

Certains points sont dits **analgésiques**, ils sont insensibles à la douleur; c'est le cas de la muqueuse de la joue au niveau de la deuxième molaire inférieure.

IMPORTANCE DE LA SENSIBILITE GENERALE DE LA PEAU.-

Par sa grande sensibilité et sa grande surface, la peau a une influence capitale sur tout notre organisme. A partir de la peau, on peut agir, par voie réflexe, sur les organes profonds. C'est ainsi qu'on ranime un syncope par des frictions, des chatouillements, etc. ...

La peau réagit à la plupart des troubles généraux (fièvres éruptives, eczéma, etc. ...).

LES GLANDES ENDOCRINES HORMONALES

La science qui a pour objet l'étude des glandes endocrines et de leurs produits de sécrétion (hormones) s'appelle Endocrinologie.

Les glandes endocrines ou glandes à sécrétion interne sont des glandes qui déversent leurs sécrétions, non pas dans un canal excréteur, mais strictement dans le sang. Les sécrétions de ces glandes sont des hormones.

Les hormones sont des substances chimiques sécrétées et déversées dans le sang par des cellules déterminées (glandes endocrines), et qui, transportées par le sang et la lymphe, règlent le fonctionnement des organes sur lesquels elles agissent spécifiquement à des doses très faibles.

Ce sont de véritables messagers chimiques, qui sont caractérisés par leur nature, leur origine bien déterminée et leur action spécifique;

- la sécrétine, produite par la muqueuse du duodénum a été la première hormone connue; elle provoque la sécrétion du suc pancréatique;
- l'insuline règle l'utilisation des sucres dans l'organisme;
- la thyroxine agit sur le développement du squelette.

Les glandes hormonales sont:

la thyroïde, les parathyroïdes, le pancréas, l'épithélium intestinal, les capsules surrénales, l'hypophyse, les glandes sexuelles ou gonades. (ovaires chez la femme et testicules chez l'homme), l'hypothalamus, le thymus, l'épiphyse ou glande pinéale.

I.- LA THYROÏDE.-

La thyroïde est une glande rosée, située sur la face antérieure du cou, en avant de la trachée-artère et du larynx auxquels elle adhère fortement. Elle a la forme d'un fer à cheval et pèse environ 30 grammes. Chez l'homme, elle est formée de deux lobes latéraux inégaux réunis par une partie intermédiaire, mince, appelée isthme.

ROLE DE LA THYROÏDE.-

L'une des hormones sécrétées par la thyroïde est la thyroxine ou hormone thyroïdienne; c'est un acide aminé, riche en iode.

L'hypofonctionnement (insuffisance du fonctionnement) de la glande thyroïde chez l'homme (hypothyroïdisme) produit un ensemble de troubles qui constituent le myxœdème. Chez l'enfant, cette maladie s'accompagne d'un arrêt de la croissance, qui, prolongé, mène au nanisme; le nain thyroïdien est un nain à grosse tête. Les facultés intellectuelles ne se développent pas (crétinisme).

Il se produit également une accumulation de l'eau dans le tissu conjonctif sous-cutané, une baisse du métabolisme basal de 30 à 40%, un arrêt du développement des glandes génitales: les ovaires et les testicules sont atrophiés.

Chez l'adulte atteint du myxœdème, on observe une forte diminution du métabolisme basal des troubles nerveux, un arrêt ou une perturbation des fonctions vitales.

L'hyperfonctionnement de la glande thyroïde provoque l'hyperthyroïdisme, caractérisé par des symptômes qui sont l'inverse de ceux du myxoédème (goitre exophtalmique ou maladie de Basedow). Dans cette maladie qui se manifeste chez l'adulte, plus fréquemment, chez la femme que chez l'homme, on observe:

- une augmentation du volume du cou (goitre), causée par une hypertrophie et une hyperactivité de la thyroïde,
- une augmentation du métabolisme basal de 50 à 80%;
- une saillie prononcée des globes oculaires (exophtalmie),
- une hyperthermie,
- une nervosité exagérée,
- des tremblements des membres et une accélération du rythme cardiaque, etc.

Chez les jeunes Mammifères, la thyroxine hâte la croissance, mais l'ablation de la thyroïde est suivie d'un arrêt de la croissance et des lésions au niveau des cartilages de conjugaison. Chez les Batraciens, la sécrétion de thyroxine accélère la métamorphose.

En résumé, l'action de la thyroïde s'exerce:

- sur la croissance, en agissant sur l'ossification; sur les échanges respiratoires et l'activité des oxydations cellulaires;
- sur le métabolisme basal, la thermogénèse;
- sur le comportement psychique.

II.- LES GLANDES PARATHYROÏDES.-

Les parathyroïdes sont deux paires de petites glandes de la grosseur d'un petit pois. Elles pèsent 0,5g. environ et sont situées à la partie postérieure de la thyroïde. Elles sont richement vascularisées et sécrètent une hormone, la parathormone, qui contrôle le métabolisme du calcium et du phosphore dans l'organisme.

L'ablation des glandes parathyroïdes provoque:

- une hyperexcitabilité des nerfs et des muscles, d'où convulsions de certains muscles ou crises tétaniques. La mort survient quelques jours après leur enlèvement;
- des modifications dans la composition du plasma sanguin, dues à une diminution considérable de calcium et de phosphore dans le sang.

L'excès de parathormone dans l'organisme produit la décalcification des os. Cet état peut entraîner des fractures, des déformations et la calcification des vaisseaux et certains viscères (reins, poumons, etc.).

III.- LE PANCREAS ENDOCRINE.-

Le pancréas est à la fois une glande exocrine (glande en grappe) par sécrétion du suc pancréatique et une glande endocrine (îlots de Langerhans) par sécrétion d'une hormone: l'insuline; le pancréas est donc une glande mixte. Cette hormone règle la transformation du glucose en glycogène dans le foie et dans les muscles et permet l'utilisation normale du glucose par l'organisme. Il y a deux autres hormones sécrétées par les cellules alpha et delta des îlots de Langerhans; le glucagon, (cellules alpha) hormone hyperglycémiant et la somatostatine (cellules delta).

Cette dernière hormone est aussi sécrétée par la muqueuse du tube digestif; elle inhibe la sécrétion du glucagon et de l'insuline.

Celui qui manque d'insuline est incapable d'emmagasiner le glucose. Le taux du glucose s'élève alors dans le sang jusqu'à 3 à 5% (hyperglycémie) et ce sucre passe en partie dans

l'urine (glycosurie). C'est le diabète, maladie grave, caractérisée par une forte hyperglycémie, une excrétion considérable d'urine et une soif intense. Le malade atteint de cette maladie, maigrit rapidement, malgré son appétit considérable, tombe dans le coma et meurt d'acidose (son sang devient acide) au bout de deux ou de trois ans.
«Le diabétique peut continuer sa vie normale à condition de recevoir, par injection régulière, la quantité d'insuline nécessaire au fonctionnement normal de son organisme.»

La production ou l'injection d'un surplus d'insuline provoque de l'hypoglycémie. Le traitement de l'hypoglycémie se fait par l'administration de glucose.

- L'ablation du pancréas provoque des troubles digestifs importants, dus à l'absence de la sécrétion du suc pancréatique, et surtout un diabète intense et rapidement mortel par la suppression de l'insuline.

IV.- L'EPITHELIUM INTESTINAL ENDOCRINE.-

La muqueuse intestinale est une glande mixte; sa sécrétion externe est le suc intestinal et sa sécrétion interne, une hormone, la sécrétine. Celle-ci provoque la sécrétion du suc pancréatique, du suc intestinal et l'écoulement de la bile par le canal cholédoque.

«Il y a aussi une autre hormone sécrétée par l'intestin grêle: la pancreaticojymé.»

V.- LES CAPSULES SURRENALES.-

Les capsules surrénales sont de petites masses charnues jaunâtres qui, chez l'homme, coiffent les reins. Elles sont richement vascularisées et pèsent chacune 6 grammes environ. Chaque capsule comprend à l'intérieur d'une enveloppe fibreuse une zone périphérique, la corticosurrénale ou cortex (zone corticale), jaune, ferme, striée, et une zone centrale, la médullosurrénale (zone médullaire), molle.

ROLE DE LA CORTICO-SURRENALE.-

La corticosurrénale est absolument essentielle à la vie, son ablation est mortelle. Elle cause un abaissement du taux de NaCl sanguin, une grande faiblesse musculaire (asthénie), une baisse de la pression artérielle, et finalement, la mort. Chez l'homme, les lésions ou la destruction de la corticosurrénale, notamment, à la suite de la tuberculose, provoquent une faiblesse musculaire et une coloration bronzée de la peau: c'est la maladie bronzée d'Addison.

ROLE DE LA MEDULLO-SURRENALE.-

La médullosurrénale sécrète une hormone, l'adrénaline ou épinéphrine.

- L'adrénaline augmente la production du glucose à partir du glycogène, elle est hyperglycémisante.
- Elle active les oxydations cellulaires et élève le métabolisme basal.
- Elle accélère les battements du cœur et élève la pression artérielle à la suite d'une vasoconstriction des vaisseaux périphériques.
- Elle provoque une accélération du rythme respiratoire.

La sécrétion de l'adrénaline par voie réflexe, est déclenchée par les émotions. Cette hormone aide les individus à accomplir des actes d'une force surhumaine au cours des moments d'angoisse ou de frayeur. *«C'est d'ailleurs l'hormone de l'émotion, de l'orgueil, du stress, une émotion provoque une décharge d'adrénaline, de l'orgueil, etc. de l'alarme.»*

La médullosurrénale n'est pas indispensable à la vie, car son ablation n'entraîne aucun trouble précis chez l'animal opéré.

«Il y a aussi une autre hormone élaborée par le rein: l'érythropoïétine, nécessaire à la fabrication des hématies par la moelle rouge des os.»

VI.- L'HYPOPHYSE.-

L'hypophyse ou **glande pituitaire** est une petite glande de la grosseur d'un pois, qui pèse environ 0,6g. chez l'homme. Elle est suspendue à la base de l'encéphale et logée dans la selle turcique de l'os sphénoïde. On l'a surnommée; le « *chef d'orchestre* », le **cerveau endocrinien**, des glandes endocrines, car ses sécrétions stimulent toutes les autres glandes endocrines. L'hypophyse comprend trois lobes: le lobe antérieur, le lobe intermédiaire et le lobe postérieur.

1.- LOBE ANTERIEUR.-

Le lobe antérieur de l'hypophyse, le plus volumineux, sécrète plusieurs hormones qui sont des protéines.

a) **Hormone de croissance ou somatotrope (S.T.H.)-**

Cette hormone contrôle la croissance du squelette chez les jeunes animaux. (Chiens, Chats, Oiseaux). L'hypersécrétion de cette hormone provoque le **gigantisme** chez le jeune, alors que chez l'adulte, elle cause l'**acromégalie**, caractérisée par un développement exagéré du nez, de la mâchoire inférieure et des extrémités des membres.

À l'inverse, l'hyposécrétion de l'hormone de croissance chez un enfant, détermine le **nanisme (nanisme hypophysaire)**.

La plupart des géants et des nains de cirque sont du type hypophysaire. L'ablation du lobe antérieur chez les jeunes animaux (Chiens, Chats, etc.) détermine un arrêt de croissance.

b) **Hormone hyperglycémisante ou diabétogène.-**

Cette hormone, antagoniste de l'insuline, élève le taux de glucose dans le sang et produit du diabète.

c) **Stimulines (CACTH)-**

Les stimulines stimulent le fonctionnement des autres glandes endocrines de l'organisme. Ce sont:

- la **thyrostimuline**, ou **hormone thyrotrope**, (T.S.H), qui stimule l'activité de la glande thyroïde;
- le **pancréas stimuline** ou **hormone pancréatotrope**, qui favorise la sécrétion d'insuline par les îlots de Langerhans;
- la **corticostimuline** ou **hormone adrénotropique**, CACTH qui stimule la zone corticale des glandes surrénales;
- les **gonado-stimulines**, ou **hormones gonadotropes**, qui agissent sur les glandes sexuelles. (hormone lutéotrope, LTH).

Un autre hormone du lobe antérieur de l'hypophyse est la **prolactine**, qui stimule la sécrétion du lait des glandes mammaires. Elle est sécrétée durant les derniers mois de la grossesse.

2.- LOBE POSTERIEUR.-

Le lobe postérieur de l'hypophyse produit plusieurs hormones:

- une hormone antidiurétique, qui règle le métabolisme de l'eau en favorisant sa résorption par les tubes urinifères;
- une hormone hypertensive, la **pitressine**, qui élève la pression artérielle,
- une hormone, le **pitocin** qui provoque, chez les femelles, la contraction de l'utérus.

L'ablation du lobe postérieur sur l'hypophyse ou son insuffisance produit le diabète insipide, caractérisé par une augmentation du débit urinaire ou polyurie (10 à 20 litres d'urine par jour chez certains malades).

VII.- LES GONADES.-

Les glandes génitales ou gonades, représentées par les testicules chez les mâles et les ovaires chez les femelles, sont des glandes mixtes. Elles produisent des cellules sexuelles ou gamètes (sécrétion externe) qui assurent la reproduction et des hormones (sécrétion interne) qui sont déversées dans le sang.

Les hormones sexuelles comprennent:

- la folliculine et la progestérone, hormones femelles sécrétées par les ovaires;
- la testostérone, hormone mâle la plus active, produite par les testicules.

L'androstérone est une autre hormone mâle qui est considérée comme une forme d'élimination urinaire de la testostérone. La progestérone qui prolonge l'action de la folliculine conditionne la gestation, d'où son nom. Elle permet la fixation de l'embryon dans l'utérus.

Les hormones mâles et femelles sont chimiquement des stéroïdes. Elles déterminent le développement des caractères sexuels secondaires (la barbe, le ton de la voix, etc. ...) qui permettent de distinguer les femelles des mâles.

L'absence des hormones sexuelles à la suite d'une déficience quelconque ou d'une castration (ablation des gonades) empêche l'apparition des caractères sexuels secondaires. Ces hormones sexuelles agissent sur le comportement, l'intelligence, le caractère. Elles interviennent dans le développement de certaines qualités intellectuelles et morales.

VIII.- L'HYPOTHALAMUS (SYSTEME HYPOTHALAMO-HYPOPHYSIAIRE).-

L'hypothalamus est une région du cerveau (un centre nerveux) situé sous le thalamus et au-dessus de l'hypophyse.

Plusieurs de ses neurones (neurosecrétors) sécrètent des hormones:

- l'hormone antidiurétique (ou A.D.H)

Cette hormone agit sur le rein en provoquant l'absorption de l'eau. Une lésion de l'hypothalamus détermine une maladie: le diabète insipide, maladie caractérisée par l'émission d'une très forte quantité d'urine 20 litres et même plus par jour.

- l'ocytocine ou pitocine.-

Elle provoque chez la femme la contraction de la musculature utérine (myomètre) et agit, principalement, au moment de l'accouchement.

IX.- LE THYMUS.-

Le thymus est un organe lymphoïde (organe glandulaire de forme ovoïde) située à la partie inférieure du cou, en arrière du sternum. Il est composé de deux lobes et il est très développé chez l'enfant et les jeunes animaux, mais régresse après la puberté.

Il joue un rôle dans le processus immunitaire (organe producteur de lymphocytes, notamment)

X.- L'ÉPIPHYSE GLANDE PINÉALE)-

L'épiphyse est une petite glande située dans le cerveau (en avant du cervelet). Elle se calcifie chez l'adulte; elle sécrète une hormone: la mélatonine. Elle a une action bien connue sur les rythmes biologiques et sexuels chez certains animaux, mais son action est mal connue chez l'homme.