

L- VI

ANATOMIE
ET
PHYSIOLOGIE HUMAINES

OUVRAGES CLASSIQUES DU MÊME AUTEUR

A LA MÊME LIBRAIRIE

Anatomie et physiologie végétales, suivies de l'étude des différentes familles et des fermentations, s'adressant aux mêmes élèves que l'Anatomie et la Physiologie humaines. Un vol. in-8° de 456 pages et 677 figures. Deuxième édition corrigée et augmentée (1906). 6 fr. »

Ouvrage honoré de souscriptions des Ministères de l'Instruction publique, de l'Agriculture et du Commerce.

Précis d'histoire naturelle. *Zoologie, Botanique, Paléontologie, Hygiène.* A l'usage des candidats aux différents baccalauréats ou à Saint-Cyr, et conforme aux nouveaux programmes du 31 mai 1902. Un vol. in-8° carré cartonné toile, de 770 pages et 536 figures dont 26 tirées en couleurs 7 fr. 50

E-VI

Amellalaquis
1909
1946
Amellalaquis

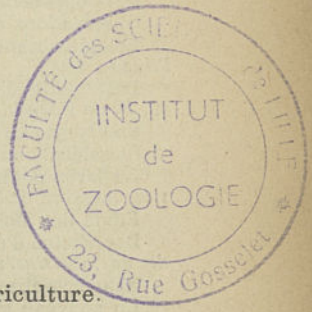
ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES

SUIVIES DE L'ÉTUDE
DES
PRINCIPAUX GROUPES ZOOLOGIQUES

PAR

Antoine PIZON

Agrégé des Sciences naturelles, Docteur ès sciences,
Lauréat de l'Institut.



P. C. N. — Pharmacie.
Institut Agronomique. — Écoles nationales d'Agriculture.
Écoles vétérinaires.

*Honoré de souscriptions des Ministères de l'Instruction publique
de l'Agriculture et du Commerce.*

TROISIÈME ÉDITION, REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE
Avec 535 figures dont 64 tirées en couleurs.

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1909

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'AUTEUR

- La blastogénèse chez les larves d'*Astellium* (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1891).
- Observations sur le bourgeonnement des Didemnidés et des Diplosomidés (*C. R. de l'Acad.*, 1891).
- Développement de l'organe vibratile et des vaisseaux coloniaux chez les Botryllidés (*Soc. Philom.*, 1891).
- Développement du système nerveux et de l'organe vibratile chez les Ascidies composées (*C. R. de l'Acad.*, 1892).
- Sur la présence des *Distaplia* sur les côtes de France (*B. Sc. nat. de l'Ouest*, 1893).
- Histoire de la blastogénèse chez les Botryllidés; in-8°, 380 p. et 9 pl. 1893 (*Ouvrage couronné par l'Acad. des Sciences* : Prix d'embryogénie générale appliquée à la physiologie).
- Évolution des éléments sexuels chez les Ascidies composées (*C. R. de l'Acad.*, octobre 1894).
- Développement du système nerveux chez les larves des Polyclinidés (*C. R. de l'Acad.*, 1895).
- Observations embryogéniques chez les Ascidies simples (*C. R. de l'Acad.*, 1895).
- Les membranes embryonnaires et les globules de rebut chez les Molgulidées (*C. R. de l'Acad.*, 1896).
- Description d'un nouveau genre d'Ascidie simple appartenant aux coll. du Muséum (*C. R. de l'Acad.*, 1896).
- Embryogénie des Diplosomidés (*C. R. de l'Acad.*, 1898).
- Classification nouvelle des Molgulidées (*C. R. de l'Acad.*, 1898).
- La larve double des Diplosomidés et la tachygénèse; en collaboration avec M. E. Perrier, membre de l'Institut (*C. R. de l'Acad.*, 1898).
- Étude des Molgulidées des collections du Museum; 85 p. in-8° et 5 pl.; nov. 1898.
- Description d'un nouveau genre de Cynthiadée appartenant aux coll. du Muséum (*Bull. des nat. du Muséum*, décembre 1898).
- Nouvelles observations biologiques sur les Tuniciers coloniaux fixés (*C. R. de l'Acad.*, 1898).
- Un nouveau genre de Molgulidée appartenant aux coll. du Muséum (*Bull. des nat. du Muséum*, 1898).
- Étude sur le rôle du nucléole de la cellule (*C. R. de l'Acad.*, 1898).
- Études biologiques sur les Tuniciers coloniaux fixés, 1^{re} partie. — 55 p. in-8° avec 18 pl., (*Bull. des Sciences naturelles de l'Ouest*, 1899).
- La coloration des Tuniciers et la mobilité de leurs granules pigmentaires (*C. R. de l'Acad.*, 1899).
- La persistance des contractions cardiaques pendant les phénomènes d'histolyse chez les Tuniciers (*C. R. de l'Acad.*, 1899).
- Études biologiques sur les Tuniciers coloniaux fixés. — 2^e partie, 72 p. in-8°, avec 4 pl. (*Bull. Sc. nat. de l'Ouest*, 1900).
- Origine du pigment chez les Tuniciers; sa transmission chez les embryons (*C. R. de l'Acad.*, janvier 1901).
- Théorie mécanique de la vision (*C. R. de l'Acad.*, 18 novembre 1901).
- Causes déterminantes de la formation des organes visuels (*C. R. de l'Acad.*, 30 décembre 1901).
- Physiologie du cœur chez les colonies de Diplosomes (*C. R. de l'Acad.*, 13 juin 1902).
- Évolution des colonies de Diplosomes (*C. R. de l'Acad.*, novembre 1903).
- Une nouvelle application de la chronophotographie : la Biotachygraphie (*C. R. du 6^e Congrès international de Zoologie*, Berne, 1904).
- Nouvelles observations sur le mécanisme de la circulation chez les Tuniciers (*Ibid.*).
- Étude de l'évolution des Diplosomes. Un fasc. de 68 pages et 16 pl. (*Archives de Zoologie exp.*; octobre 1905).
- Recherches sur une prétendue ovulase des spermatozoïdes d'oursin (*C. R. de l'Acad.*, 27 novembre 1905).
- La displanctomie des ascidiozoïdes de Diplosomes (*C. R. de l'Acad.*, 19 février 1906).
- Les Ascidies d'Amboine (Voyage de MM. Bedot et Pictet dans l'archipel Malais) *Revue suisse de Zoologie*, t. XVI. 1908, avec 6 planches,

171. 205

PROGRAMME D'ADMISSION

A l'Institut agronomique.

ZOOLOGIE

Caractères généraux du règne animal. — Notions sur les tissus organiques des animaux. — Organisation des animaux.

I. — Fonctions de relation.

Système osseux. — Vertèbres. — Squelette de l'homme. — Modifications essentielles du squelette chez les Vertébrés.

Articulations.

Système musculaire. — Propriétés des muscles. — Locomotion.

Système nerveux chez les Mammifères.

Système cérébro-spinal. — Encéphale. — Moelle épinière.

Nerfs. — Ganglions nerveux.

Système ganglionnaire sympathique.

Notions sur les modifications du système nerveux chez les Oiseaux, les Reptiles, les Batraciens, les Poissons, les Mollusques et les Insectes.

Organes des sens des Mammifères. — Leur structure et leurs fonctions. — Toucher, goût, odorat, ouïe, vision.

Notions sommaires sur leurs modifications chez les Oiseaux, les Poissons, les Mollusques et les Insectes.

II. — Fonctions de nutrition.

Digestion. — Appareil digestif des Mammifères; description sommaire de cet appareil.

Cavité buccale. — Les dents. — Leur composition. — Diverses sortes de dents. — Pharynx. — Œsophage. — Estomac. — Intestins.

Glandes salivaires. — Pancréas. — Foie.

Phénomènes chimiques de la digestion.

Absorption; ses organes.

Notions sommaires sur les modifications de l'appareil digestif dans la série animale.

Circulation. — Le sang; sa composition. — Appareil circulatoire chez les Mammifères.

— Cœur. — Artères. — Veines. — Vaisseaux capillaires. — Notions sommaires sur les modifications de l'appareil circulatoire chez les Reptiles, les Batraciens, les Poissons, les Mollusques et les Insectes.

Respiration. — Théorie de la respiration. — Appareil respiratoire chez les Mammifères.

— Fosses nasales. — Larynx. — Trachée. — Bronches. — Poumons.

Mécanisme de la respiration.

Notions sommaires sur les modifications de l'appareil respiratoire chez les Oiseaux, chez les Reptiles, chez les Batraciens, chez les Poissons, chez les Mollusques et les Insectes.

Appareils d'élimination.

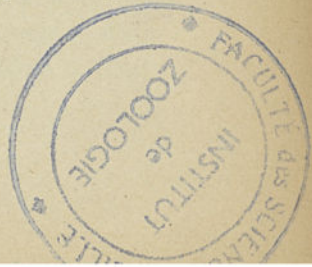
III. — Classifications.

Notions générales. — Définition des embranchements. — Sous-embranchements. — Classes. — Ordres. — Familles. — Genres et espèces.

Caractères généraux des cinq classes de Vertébrés (Mammifères, Oiseaux, Reptiles, Batraciens et Poissons).

Caractères généraux des Mollusques et des Insectes. — Leur division en ordres.

NOTA. La première partie tout entière du présent ouvrage, gros texte et petit texte (Anatomie et Physiologie humaines) répond au programme qui précède. On y ajoutera les chapitres des Insectes, des Mollusques et des Vertébrés qui sont exposés dans la seconde partie de l'ouvrage.



PROGRAMME D'ADMISSION

*Aux Ecoles Nationales d'Agriculture et aux Ecoles Nationales
Vétérinaires.*

I. — Anatomie et Physiologie animales.

Notions élémentaires d'anatomie et de physiologie animales.
Appareils. — Organes. — Fonctions.
Modifications des appareils et organes dans les animaux en général et en particulier chez les Vertébrés.
Appareil de la digestion. — Aliments.
Appareil de la circulation. — Sang. — Cœur. — Artères. — Veines. — Vaisseaux lymphatiques.
Appareil de la respiration. — Poumons. — Branchies. — Chaleur animale. — Sécrétions.
Système nerveux. — Organes des sens.

II. — Étude des différents groupes animaux.

Zoologie proprement dite. — Classification des animaux. — Embranchements ou types.
— Classes. — Ordres. — Genres. — Espèces. — Races. — Variétés.
Vertébrés. — Organisation. — Le squelette. — Division en classes.
Mammifères. — Caractères. — Ordres. — Animaux domestiques.
Oiseaux. — Caractères. — Classification. — Espèces domestiques.
Reptiles. — Leurs diverses formes.
Batraciens. — Métamorphoses.
Poissons.
Notions sur les Mollusques. — Exemples.
Articulés. — Caractères. — Division en classes. — Insectes. — Leurs métamorphoses.
— Exemples. — Insectes utiles. — Insectes nuisibles.
Notions sur les Vers. — Exemples.
Notions sur les Echinodermes. — Exemples.
Notions sur les Cœlentérés. — Colonies animales. — Corail.
Notions sur les Protozoaires. — Infusoires.

NOTA. — *La première partie de ce programme (Anatomie et Physiologie humaines) est exposée dans la première partie du présent ouvrage, en se contentant du texte imprimé en gros caractères. — L'étude des différents groupes animaux est exposée en entier dans la seconde partie de l'ouvrage.*

PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION

L'accueil si flatteur qu'a reçu notre *Anatomie et physiologie humaines* auprès des candidats au P. C. N. et à l'Institut agronomique, auprès des élèves des Écoles vétérinaires, des Écoles de pharmacie et de tous ceux dont le niveau des études anatomiques et physiologiques est intermédiaire entre le baccalauréat et la licence, nous a imposé l'obligation de revoir cette nouvelle édition avec le plus grand soin.

Sans rien modifier du plan primitif de l'ouvrage, nous nous sommes appliqué à compléter et à préciser différents points, tels que l'*origine des globules sanguins*, les *différentes catégories de leucocytes*, etc... De plus, nous avons cherché dans l'abondante production scientifique de ces dernières années les nouvelles données biologiques qui nous ont paru devoir prendre place désormais dans les ouvrages classiques du cadre de celui-là.

C'est ainsi qu'à propos des leucocytes nous avons exposé le rôle du sérum artificiel et les principes de la méthode si féconde de la *sérothérapie*.

Dans l'étude de la digestion, nous nous sommes inspiré des récentes recherches de Pavlow et de ses élèves ; l'existence de substances telles que la *sécrétine* et l'*entérokinase* constitue la démonstration saisissante de l'étroite dépendance physiologique dans laquelle se trouvent la plupart des organes digestifs.

Au chapitre des Protozoaires, nous avons ajouté les *Trypanosomes* et la *maladie du sommeil*, les *Hémamibes* des fièvres palustres et marqué le rôle des Moustiques dans la propagation de la *malaria* et de la *filariose*. Nous avons résumé, à propos des Mollusques, les dernières recherches sur la *formation des perles*. Enfin nous avons précisé l'évolution de certains Vers parasites d'après les documents qu'a bien voulu nous communiquer M. le professeur Railliet, le savant spécialiste de l'École d'Alfort.

Les ouvrages classiques d'histoire naturelle vieillissent vite à notre époque d'active production scientifique ; aussi nous sommes-nous efforcé, sans sortir du cadre modeste qui convient aux élèves auxquels s'adresse le nôtre, d'en faire un livre d'étude qui soit néanmoins précis et documenté, au courant des dernières recherches, et que les jeunes étudiants puissent utiliser pour un fructueux travail.

Paris, le 1^{er} juin 1904.

PRÉFACE DE LA TROISIÈME ÉDITION

Soucieux de maintenir cet ouvrage toujours digne des différentes catégories d'étudiants auxquels il s'adresse, j'ai revu et amendé cette troisième édition avec le même soin que la précédente.

Certaines questions ont été l'objet d'une refonte en vue de leur donner plus de clarté ou plus de précision. Plusieurs autres y ont été introduites pour répondre aux exigences de certains programmes, par exemple le *développement de l'appareil circulatoire* et l'*évolution des fentes branchiales*, pour mieux marquer les rapports des différents groupes de Vertébrés ; les *membranes embryonnaires*, qui constituent d'excellents exemples d'adaptation ; les *nouveaux ferments digestifs* du suc gastrique et du suc intestinal, avec la *détermination de la ration alimentaire* inspirée par les travaux du physiologiste américain Atwater, etc.

Il m'a également paru nécessaire de traiter, tout au moins dans ses lignes générales et en y comprenant les résultats particulièrement intéressants de Lœbet de Y. Delage sur la parthénogénèse expérimentale, le problème de la fécondation, que les élèves étudient déjà d'autre part en botanique dans ses moindres détails.

Je serai heureux si cet ouvrage ainsi présenté et tenu au courant des nouvelles données classiques, facilite le travail des jeunes étudiants et contribue à leur donner le goût de l'anatomie et de la physiologie humaines.

ANTOINE PIZON.

Paris, le 1^{er} juillet 1908.

ANATOMIE

ET

PHYSIOLOGIE HUMAINES

ORGANISATION GÉNÉRALE DU CORPS DES ANIMAUX

CHAPITRE PREMIER

LA CELLULE ANIMALE

§ 1^{er}. **Structure de la cellule.** — Lorsqu'on examine au microscope un fragment mince et transparent d'un organe quelconque, on le trouve constitué par une agglomération de petits compartiments microscopiques que l'on a appelés des *cellules* ; ils sont remplis d'une sorte de gelée qui n'est pas autre chose que la matière vivante ou *protoplasme*. C'est ainsi que la peau, les muscles, le cerveau, etc., ne sont que des amas de *cellules* dont la forme est d'ailleurs très variable : polyédrique, cylindrique, fusiforme, étoilée, etc.

Sauf quelques cas exceptionnels, la cellule est microscopique ; ses dimensions varient de quelques millièmes à 200 millièmes de millimètre ; on prend comme unité de mesure le millième de millimètre, que l'on désigne par la lettre μ .

Toute cellule, quelles que soient sa forme et ses dimensions, est composée généralement de trois parties distinctes : le *protoplasme*, la *membrane enveloppante* et le *noyau* (fig. 1).

I. **PROTOPLASME.** — Le protoplasme ou *cytoplasme* est une sorte de gelée très finement granuleuse, composée de *matières albuminoïdes* ou *protéiques* qui se rapprochent beaucoup, par leur composition chimique, du blanc d'œuf ou albumine. Le blanc d'œuf a pour formule d'après A. Gautier $C^{250}H^{409}Az^{67}O^{81}S^3$; en plus de ces cinq éléments, le protoplasme renferme également un peu de *phosphore*. Mais ce ne sont là que les éléments dominants comme quantité ; on y trouve encore à l'état de combinaisons plus ou moins complexes et plus ou moins stables du *chlore* ainsi que des métaux dont les plus constants sont le *potassium*, le *sodium*, le *calcium*, le *magnésium* et le *fer*. Ce qui fait au total douze éléments, d'ailleurs tous très communs dans la nature, qui entrent dans la composition de la matière albuminoïde vivante.

Cette dernière est rangée dans le groupe des *nucléo-albumines* qui résultent de la combinaison d'une matière albuminoïde avec la *nucléine*, matière organique phosphorée. La *caséine*, principale matière albuminoïde du lait, est le type des nucléo-albumines. Toutes les recherches chimiques récentes ont d'ailleurs abouti à cette conception que le protoplasme n'est pas une substance définie ; il y a autant de protoplasmes que de sortes de cellules, chacun d'eux étant caractérisé non seulement par une composition spéciale, mais encore par une fonction différente ; les cellules

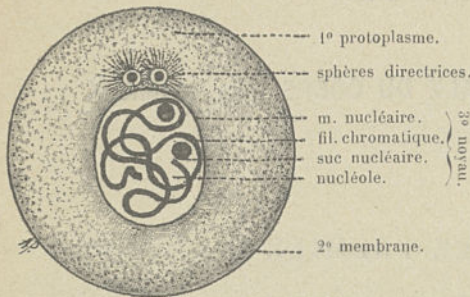


Fig. 4. — Cellule animale à un fort grossissement, au moment où elle va se diviser.

nerveuses du cerveau, siège de la volonté et de la sensibilité, diffèrent physiologiquement des cellules du foie qui sécrètent la bile ou des cellules qui engendrent la substance dure des os.

D'autre part, chaque protoplasme en particulier est caractérisé lui-même par une certaine instabilité : il est le siège de réactions chimiques continues qui se passent entre sa propre substance et celles qu'il puise à chaque instant au dehors sous la forme d'*aliments* ; il se détruit et se régé-

nère sans cesse au cours de ces réactions, de telle sorte que sa composition varie pour ainsi dire à chaque instant. Sans compter que les composés chimiques par lesquels on traite le protoplasme pour en faire l'analyse, modifient très vraisemblablement sa composition dans une certaine mesure, et une fois mort, ce protoplasme doit révéler à l'analyse une composition tout à fait différente que s'il était vivant.

Le protoplasme se coagule sous l'action de la chaleur, c'est-à-dire qu'il se prend en masse tout comme le blanc d'œuf et les autres substances albuminoïdes ; cette coagulation détermine certainement un changement d'état du protoplasme, car il ne peut plus se dissoudre dans l'eau. L'alcool, les acides minéraux et quelques acides organiques (acide acétique additionné de ferrocyanure de potassium) le précipitent.

Structure du protoplasme. — Deux théories principales sont en présence à l'heure actuelle pour expliquer la structure du protoplasme. Dans la première, la *théorie réticulaire*, on admet que les très fines granulations du protoplasme sont produites par les points d'entrecroisement de très fins filaments enchevêtrés, auxquels on donne le nom de *spongioplasme* parce qu'ils forment comme les mailles d'une éponge ; celles-ci seraient à leur tour remplies d'une substance liquide et transparente appelée l'*hyaloplasme*.

D'autres auteurs admettent la *théorie alvéolaire* d'après laquelle la substance liquide ou hyaloplasme aurait la forme de nombreuses petites gouttelettes séparées les unes des autres par des parois en *spongioplasme*, le tout comparable à une sorte d'émulsion comme celle qu'on obtient en agitant très vivement un mélange d'eau et d'huile.

II. LA MEMBRANE. — C'est une enveloppe brillante et très fine entourant le protoplasme et qui est de nature albuminoïde comme ce dernier. On pourrait la regarder comme le protoplasme de la périphérie de la cellule qui se serait condensé pour constituer une enveloppe au reste.

Elle est perméable aux liquides ; sa mollesse explique la plasticité de la

plupart de nos organes, et là où une plus grande solidité est nécessaire, comme dans le squelette, il apparaît toujours d'autres produits spéciaux, particulièrement des sels calcaires, qui englobent les cellules et augmentent leur résistance.

Toutefois la membrane n'a pas une existence générale et il ne serait pas absolument exact de la regarder comme une partie vraiment fondamentale de la cellule; elle manque chez les cellules nerveuses, les cellules osseuses et les globules blancs ou *leucocytes* du sang.

III. LE NOYAU. — Le noyau est un petit corps sphérique ou ovoïde inclus dans le protoplasme, au sein duquel il se détache habituellement en clair et dont l'existence est absolument constante dans toute cellule vivante.

Il est composé d'une matière albuminoïde qui appartient au groupe des *nucléo-protéïdes*, corps résultant de la combinaison d'une matière albuminoïde avec un composé phosphoré appelé la *nucléïne*; les nucléo-protéïdes qui constituent les noyaux sont un peu différentes des *nucléo-albumines* qui forment le protoplasme, car elles ne donnent pas les mêmes produits de dédoublement sous l'action de la pepsine chlorhydrique. Le noyau renferme en particulier une certaine proportion de phosphore et de fer ($C^{58}H^{49}Az^9O^{44}P^3$).

La structure du noyau n'est pas homogène; on y distingue quatre parties différentes (fig. 1):

1° Une *membrane périphérique* très nette qui sépare le noyau du protoplasme environnant; elle se teinte en rouge par le carmin;

2° Un filament brillant ou *filament nucléaire* pelotonné sur lui-même et remplissant souvent toute la cavité du noyau; il se teinte en rouge par le carmin, en vert par le vert de méthyle, et la facilité avec laquelle il absorbe ces matières colorantes qui teintent à peine le protoplasme, lui fait encore donner le nom de *filament chromatique* (*chroma*, couleur) (fig. 1 et A, fig. 5);

Examiné à son très fort grossissement, on reconnaît que ce filament est formé en réalité d'une série de granulations placées bout à bout qui seules se teignent en rouge par le carmin et qui chimiquement sont de la *chromatine* ou *nucléïne* (matière albuminoïde phosphorée); le reste du filament est une substance brillante et semi-liquide, non colorable par le carmin, dans laquelle sont noyés les grains de chromatine, et qui s'appelle la *linine* (*s s'*, fig. 6).

La *chromatine* se présente sous deux états au cours de l'évolution de la cellule. Quand celle-ci est sur le point de se diviser en deux par le procédé qui sera exposé plus loin, elle affecte la forme du filament pelotonné que nous venons de décrire (fig. 5). Mais quand la division est terminée et que la cellule entre dans une période de repos, la substance interne du noyau prend la même structure que le protoplasme: la *linine* (*l*, fig. 2) forme de très fins filaments disposés en un réseau à mailles généralement serrées et aux points d'entrecroisement desquels sont placées les granulations de chromatine *ch* (fig. 2).

3° Ce qui reste de la cavité du noyau est occupé par un liquide incolore, le *suc nucléaire*, dans lequel plonge le filament chromatique;

4° Le noyau renferme presque toujours un ou plusieurs petits corpuscules sphériques ou ovoïdes, d'aspect brillant, appelés des *nucleoles* (fig. 1). Les cellules-œufs des poissons en renferment souvent une centaine. Leur struc-

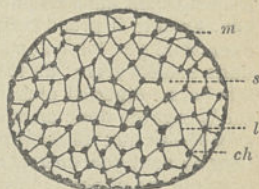


Fig. 2.

Noyau grossi et au repos.

m, membrane nucléaire; *l*, réseau de linine; *ch*, granulation chromatique; *s*, liquide nucléaire.

ture n'est pas celle de petits noyaux comme semble l'indiquer leur nom. Ce sont des sortes de gouttelettes liquides que l'on a vues dans certains cas s'échapper à l'extérieur en franchissant d'abord la membrane du noyau, puis la cellule tout entière, tandis qu'il en apparaît d'autres à la place de celles qui ont été expulsées.

Il faut les regarder comme des produits de déchet ou de désassimilation provenant des réactions chimiques qui se passent dans le noyau et dont la cellule se débarrasse plus ou moins vite.

En dehors des observations directes qui ont montré l'émigration des nucléoles à l'extérieur de certaines cellules, il faut citer le fait que le venin des tritons et des salamandres est formé d'une agglomération de nucléoles.

Enfin il existe un peu en dehors du noyau, dans le protoplasme, deux petites sphères brillantes ou *sphères directrices* qui sont placées au voisinage l'une de l'autre et qui contiennent chacune à leur centre un petit corpuscule foncé ou *centrosome* (*soma*, corps) (fig. 4 et 6).

Le noyau a une action très importante dans la vie de la cellule. D'abord, son rôle est prépondérant dans les phénomènes de la division cellulaire, ainsi que nous l'établirons plus loin. Ensuite il prend certainement une part très active dans les phénomènes de nutrition ; c'est ainsi que lorsqu'on coupe une Amibe en deux, la moitié qui renferme le noyau continue seule à vivre ; de même des Infusoires privés de leur noyau n'arrivent pas à se cicatriser et ne digèrent plus leurs aliments par suite de l'arrêt de la sécrétion des sucs digestifs. On le regarde donc comme la partie de la cellule qui préside à l'*assimilation* des aliments, c'est-à-dire aux transformations chimiques qui doivent en faire du nouveau protoplasme. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a aucune solidarité entre les deux parties de la cellule, protoplasme et noyau ; bien au contraire, car un noyau isolé, non accompagné de protoplasme, dépérit immédiatement. Nous établirons en outre que le noyau est l'agent de transmission des caractères héréditaires dans les phénomènes de la reproduction des êtres (p. 15).

§ 2. **Propriétés biologiques de la cellule.** — Le protoplasme possède quatre propriétés fondamentales, qui sont précisément celles que nous reconnaissons à tout être vivant : il se *nourrit* et se *multiplie*, il est *mobile* et il est *sensible*.

1° *Nutrition.* — Le protoplasme puise à chaque instant dans le milieu extérieur des substances particulières ou *aliments* auxquelles il fait subir des transformations chimiques spéciales, à la suite desquelles il se les incorpore et en fait du nouveau protoplasme qui s'ajoute à l'ancien. Ces aliments sont des matières hydrocarbonées (sucre et amidon), des graisses et des matières albuminoïdes (blanc d'œuf, myosine de la viande, caséine du lait, etc.).

La molécule protoplasmique étant d'une grande complexité, on comprend que les réactions chimiques intracellulaires présentent elles-mêmes une très grande diversité ; non seulement les substances alimentaires y sont décomposées et transformées en d'autre protoplasme, mais elles donnent encore lieu à d'autres composés, variables avec les cellules, dont certains sont utilisés par l'organisme (salive, suc gastrique et autres liquides digestifs), tandis que d'autres de ces composés sont de véritables déchets qui sont régulièrement éliminés au dehors ; c'est le cas des principes de l'urine, de la sueur et de la bile.

Ajoutons que la matière vivante, végétale ou animale, est faite pour évoluer dans un milieu oxygéné ; elle absorbe constamment l'oxygène de

l'air extérieur (animaux terrestres) ou de l'air dissous dans l'eau (animaux aquatiques). Cette absorption s'appelle la *respiration*. L'oxygène incorporé détermine toute une série d'oxydations parfois très complexes et pouvant porter soit sur les sucres et les graisses que renferment les cellules, soit sur le protoplasme lui-même qui est ainsi détruit et transformé en produits d'usure ou de *désassimilation* qui sont rejetés ultérieurement au dehors. L'anhydride carbonique est le produit le plus important et le plus constant de ces oxydations ; il est rejeté par la respiration.

Les oxydations internes sont en outre la source d'une production de cha-

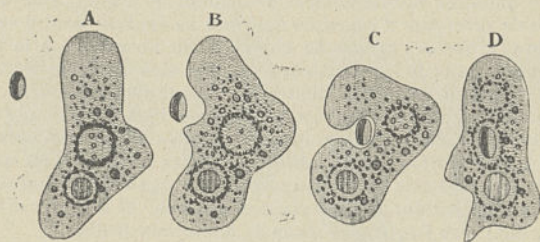


Fig. 3. — Digestion intracellulaire.
Amibe captant et absorbant une petite algue. Quatre stades successifs.

leur dont une partie élève la température du protoplasme, tandis que l'autre est transformée en travail et se manifeste par les mouvements protoplasmiques dont nous parlerons tout à l'heure.

On peut observer facilement les phénomènes élémentaires de la nutrition chez les *Amibes*, êtres unicellulaires que l'on trouve dans les eaux stagnantes. Ces organismes poussent en différents points de leur corps des prolongements irréguliers ou *pseudopodes*, à l'aide desquels ils absorbent leurs substances nutritives. Quand ces pseudopodes rencontrent en effet des particules étrangères, ils les entourent progressivement et finissent par les incorporer dans le corps de la cellule (fig. 3). Le protoplasme sécrète alors des liquides spéciaux qui attaquent chimiquement les substances nutritives que peuvent renfermer ces corps étrangers et les transforment en d'autres substances liquides capables de servir sous cette nouvelle forme à la nutrition de la cellule ; ces transformations constituent le phénomène de la *digestion*. Puis les matières ainsi digérées sont incorporées par le protoplasme qui les transforme chimiquement en d'autre protoplasme ; ce dernier phénomène s'appelle l'*assimilation*. De pareils phénomènes d'absorption intracellulaire directe n'existent pas chez les animaux supérieurs ; leurs cellules se sont pour ainsi dire spécialisées et se sont réparties les différentes fonctions à remplir ; pour ce qui concerne la nutrition, certaines cellules appartenant aux organes digestifs sécrètent des liquides actifs qui s'écoulent sur les aliments et les transforment chimiquement en liquides assimilables que le sang conduit ensuite au contact de toutes les cellules vivantes.

Toutefois il existe chez les êtres supérieurs un cas de nutrition directe rappelant exactement celui des *Amibes* et qui est présenté par les *leucocytes* du sang. Ce sont des cellules qui ressemblent à des *Amibes* et qui sont capables de traverser les parois des fins vaisseaux sanguins pour se répandre dans les lacunes des tissus. Là elles absorbent à l'aide de leurs pseudo-

podés et détruisent des débris de globules rouges, des bactéries, etc., ce qui les fait qualifier de cellules carnassières ou *phagocytes* ; leur rôle est considérable dans les maladies infectieuses, car ce sont elles qui débarrassent l'organisme des bactéries pathogènes.

Nutrition du protoplasme animal et du protoplasme végétal. — Il existe entre la nutrition du protoplasme animal et celle du protoplasme végétal des ressemblances et des différences qu'il est important de noter.

L'un et l'autre ne peuvent évoluer que dans un milieu oxygéné et tous les deux se nourrissent des mêmes substances alimentaires : matières hydrocarbonées (sucre et amidon), graisses et matières albuminoïdes. Seulement le protoplasme végétal a la propriété fondamentale de fabriquer d'abord les hydrates de carbone dont il se nourrit (amidon et sucre) à l'aide du CO^2 que ses grains de chlorophylle absorbent à la lumière ; d'autre part les plantes puisent dans le sol, par leurs racines, des matières minérales dissoutes consistant principalement en azotates, sulfates et phosphates (de chaux, d'ammoniaque, de potasse, etc.) ; une fois arrivés dans les feuilles où ils sont transportés par la sève, ces sels minéraux subissent des transformations profondes à peine connues encore à l'heure actuelle et servent à l'édification de nouvelles molécules albuminoïdes qui trouvent leur azote dans les azotates et les sels ammoniacaux. Il y a également production de matières grasses qui s'accumulent surtout dans certaines graines et d'acides divers (a. citrique, tartrique, malique, etc.) que l'on trouve dans de nombreux fruits.

L'énergie nécessaire pour la synthèse de ces produits ne se trouve pas en propre dans le protoplasme végétal ; l'oxygène qu'il absorbe n'y détermine pas d'oxydations assez intenses pour qu'il y ait une production suffisante de chaleur interne comme cela se passe chez les animaux. Mais la chlorophylle jouit de la propriété d'absorber énergiquement toutes les radiations lumineuses et calorifiques solaires, moins les vertes, et c'est dans ces radiations que le protoplasme végétal trouve l'énergie nécessaire pour faire la synthèse de ses composés albuminoïdes et amylacés.

Quant aux animaux, ils n'absorbent pas le CO^2 de l'air et ne se nourrissent pas de matières minérales ; en d'autres termes, le protoplasme animal est dépourvu de la faculté de réaliser les synthèses qu'effectue le protoplasme végétal ; il ne peut absorber que les matières organiques (sucre, graisse, matières albuminoïdes) déjà toutes formées et qui toujours, directement ou indirectement, proviennent des végétaux.

Au total, le protoplasme végétal est le siège d'une élaboration continue de matières organiques (sucre, amidon, corps gras, matières albuminoïdes) aux dépens de matières minérales et de l'énergie solaire ; une fois les substances organiques formées, il les digère, s'en nourrit et se les assimile. On peut dire que sa nutrition comprend deux grandes phases : une phase de *synthèses* et une phase de *digestion*.

Cette dernière phase est au contraire la seule que comprend la nutrition du protoplasme animal, puisque celui-ci n'absorbe que des matières organiques préalablement élaborées par le règne végétal aux dépens duquel il vit par conséquent en parasite.

Ce parasitisme donne par suite à penser que la première matière vivante a dû être de nature végétale parce que son existence s'est trouvée assurée dès le début par le CO^2 et les matières minérales dissoutes dans l'eau ; le protoplasme animal n'a dû se développer que secondairement, une fois qu'il eut trouvé à sa disposition les matières organiques élaborées par le protoplasme végétal.

2° Reproduction. — L'une des conséquences de la nutrition du protoplasme est l'accroissement de sa masse et l'augmentation de volume de la cellule ; comme celle-ci ne peut croître que dans des limites déterminées, elle est capable, à un moment donné, de s'étrangler et de se diviser en deux autres par l'un des deux procédés que nous exposons plus loin. Toutefois cette multiplication cellulaire n'est pas continue.

Durant la période de croissance des animaux, les cellules engendrent plus de substance vivante qu'elles n'en détruisent et on assiste à une division active des cellules et à l'accroissement progressif des organes. Puis arrive un moment où la croissance s'arrête à cause d'une moins grande vitalité des cellules ; c'est l'état adulte. Finalement, les éléments cellulaires âgés et de

moins en moins résistants vis-à-vis du milieu extérieur, meurent. Ils sont à ce moment le siège de transformations complexes, dans lesquelles les bactéries jouent un rôle considérable, et se résolvent entièrement en matières minérales. Mais auparavant l'être a généralement engendré des cellules reproductrices (p. 10) qui continuent sa lignée; c'est ainsi que la vie s'est perpétuée dans la série des temps, certaines espèces animales paraissant d'ailleurs s'être modifiées profondément au cours des époques géologiques, tandis que d'autres ont disparu pour n'avoir pas pu s'adapter aux conditions nouvelles créées par les changements incessants de la surface du globe.

3° *Mouvement.* — Pour observer commodément la faculté que possède le

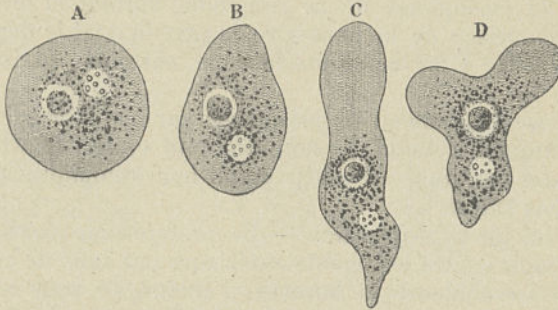


Fig. 4. — Changements de forme d'une Amibe (*mouvement amiboïde*)
Quatre états successifs.

protoplasme de se mouvoir, il faut encore s'adresser aux *Amibes*, êtres unicellulaires dont la surface est dépourvue de membrane. En les examinant au microscope dans une goutte d'eau, on les voit pousser, en divers points de leur corps, des prolongements irréguliers ou *pseudopodes* à l'aide desquels elles absorbent les particules alimentaires, tandis qu'en d'autres points le protoplasme se rétracte et rentre dans la masse générale. La forme de l'Amibe est ainsi constamment changeante et, grâce à ses pseudopodes qu'elle forme ici ou là, alors que d'autres disparaissent, elle arrive à se déplacer sur la lame de verre par une sorte de mouvement de reptation tout à fait caractéristique, que l'on qualifie de *mouvement amiboïde* (fig. 4).

Les globules blancs ou *leucocytes* du sang, dont la forme et la structure rappellent les Amibes, ont comme ces dernières la propriété de pousser des pseudopodes qui leur permettent de ramper le long des parois internes des vaisseaux sanguins ou dans les mailles du tissu conjonctif (fig. 199).

A la suite de ces organismes se placent, dans le même ordre d'idées, la plupart des *Infusoires*, êtres unicellulaires qui doivent leur nom à la facilité avec laquelle ils se développent dans les infusions d'herbes. Contrairement aux Amibes, ils sont enveloppés d'une membrane albuminoïde assez résistante pour s'opposer à la formation des pseudopodes; mais la plupart ont néanmoins la faculté de se déplacer tout entiers et souvent même avec une très grande rapidité (fig. 300 à 305).

Quand les cellules sont agglomérées pour constituer des organes plus ou moins massifs, elles n'éprouvent généralement plus de déplacements; mais le protoplasme n'est pas dépourvu pour cela de sa motilité caractéristique; ses granulations se déplacent à l'intérieur de la cellule et toute sa masse paraît soumise à une sorte de lent brassage intracellulaire.

Enfin la surface du protoplasme envoie très fréquemment de très fins prolongements qui font saillie à l'extérieur en perçant la membrane albuminoïde et que l'on appelle des *cils vibratiles*. La plupart des Infusoires en sont recouverts (fig. 305) ; ils s'agitent constamment avec des mouvements assez comparables aux ondulations d'un champ de blé agité par le vent, renouvellent l'eau à la surface du corps de l'Infusoire et contribuent à déterminer sa progression dans l'eau. Chez l'homme on en trouve dans la trachée et les grosses bronches (fig. 251 et 252). Leurs mouvements sont parfois difficilement observables, car leur nombre s'élève souvent à 250 à la seconde. Un exemple classique est fourni par la muqueuse de l'œsophage de la grenouille, surtout si on a le soin de répandre à sa surface de la poussière de carmin dont le déplacement des grains est très facile à suivre au microscope, entraînés qu'ils sont par les cils vibratiles.

Si l'on dépose le lambeau de muqueuse sur une lame de verre les cils vibratiles adhérant à celle-ci, le lambeau tout entier se déplace comme emporté par une multitude de petits pieds microscopiques (*limace artificielle* de Mathias Duval).

4° *Sensibilité du protoplasme*. — Le protoplasme possède encore la propriété de réagir contre les agents extérieurs par suite de son *irritabilité* ou *sensibilité*. La chaleur, la lumière, l'électricité sous ses différentes formes, la plupart des agents chimiques et les chocs l'influencent d'une manière très nette.

Si on examine au microscope des Amibes déposées sur une lame de verre légèrement chauffée, leurs pseudopodes se forment plus nombreux et sont plus actifs ; la reptation est accélérée, les mouvements protoplasmiques intracellulaires plus intenses ; leur vitesse augmente jusqu'à 37°. Les mêmes phénomènes s'observent sur les globules blancs ou leucocytes. Au contraire, un choc brusque porté sur la lame fait rentrer les pseudopodes des Amibes ou des leucocytes, qui se mettent alors en boule.

Une *lumière vive* projetée brusquement sur les Amibes bien étalées les fait mettre en boule par la rétraction de leurs pseudopodes.

Un grand nombre d'animaux, Céphalopodes, Poissons, Batraciens, Reptiles, etc., doivent la coloration de leur peau à des cellules étoilées ou *chromoblastes* remplies de granulations pigmentaires analogues à celles des yeux ; les prolongements de ces cellules peuvent s'étaler ou se contracter, ou bien encore le pigment peut s'accumuler au centre de la cellule, ce qui dans chaque cas amène des variations de couleur. Or la lumière exerce une action sur ces éléments colorés : des rainettes recouvertes de papier noir prennent une teinte vert sombre ; exposées à la lumière vive, leur peau devient plus claire.

L'*électricité* sous ses différentes formes est aussi un excitant tout à fait spécial du protoplasme. Les Amibes rétractent rapidement leurs prolongements sous l'action d'un courant induit ; les fibres musculaires se raccourcissent brusquement ; les cellules glandulaires exagèrent leur activité et sécrètent plus abondamment.

À côté des excitants dont nous venons de parler, il existe des substances comme l'éther ou le chloroforme qui suspendent temporairement l'irritabilité du protoplasme ; celui-ci perd ainsi ses propriétés vitales, particulièrement la nutrition et le mouvement. Ces fonctions peuvent être totalement suppri-

mées si la dose de liquide anesthésique est trop forte ou si son action est trop prolongée.

§ 3. **Mécanisme de la division de la cellule.** — Établissons maintenant par quel mécanisme une cellule se divise en deux autres. Il existe deux procédés : la *division directe* et la *division indirecte*, que l'on appelle encore *mitose* ou *karyokinèse* (de *καρσον*, noyau et *κίνησις*, mouvement).

I. **DIVISION DIRECTE.** — Ce mode est des plus simples : le noyau s'étrangle tout simplement en son milieu sans présenter de changements internes et les deux moitiés s'isolent en entraînant chacune une partie du protoplasme. Ce procédé est relativement peu fréquent ; on l'observe chez les Amibes, chez les leucocytes de la grenouille et de quelques autres Batraciens.

II. **DIVISION INDIRECTE, MITOSE OU KARYOKINÈSE.** — C'est le procédé de beaucoup le plus

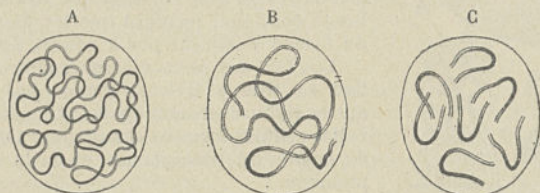


Fig. 5. — Charpente d'un noyau en voie de division (L. Testut, *Anatomie humaine*).

A, peloton serré. — B, peloton lâche. — C, chromosomes libres.

répandu ; le réseau de linine et les granulations chromatiques du noyau se comportent d'une manière tout à fait particulière pour arriver à se diviser en deux parties rigoureusement égales. Les faits essentiels se résument ainsi :

1° Lorsqu'une cellule est sur le point de se diviser, les *deux sphères directrices s'éloignent l'une de l'autre* et se placent en deux points opposés du noyau. Puis le protoplasme forme autour d'elles des petits fils rayonnants qui leur donnent l'aspect d'étoiles, ce qui fait qu'à ce moment les sphères sont souvent désignées sous le nom d'*asters* (a, a' fig. 6).

2° La membrane du noyau disparaît, et à l'emplacement de ce dernier le protoplasme se dispose sous la forme de petits filaments granuleux qui s'étendent d'un aster à l'autre, en constituant une sorte de fuseau dont les deux pôles sont occupés par les asters.

Les filaments de ce fuseau sont qualifiés d'*achromatiques* parce qu'étant de nature protoplasmique, ils ne se teignent pas par les réactifs caractéristiques du noyau, le carmin ou le vert de méthyle.

Pendant ce temps les grains de chromatine du réseau nucléaire se mettent bout à bout et se disposent en un long filament pelotonné que l'on appelle le *spirème* ou *filament chromatique* (fig. 5 et 6). Puis ce filament se découpe en un certain nombre de petits tronçons allongés ou *chromosomes* dont le nombre est le même, sauf quelques exceptions, pour toutes les cellules d'un animal d'espèce donnée, mais est variable chez les différentes espèces, soit deux, quatre, six, huit, etc. (fig. 5 et 6).

Tous ces tronçons se réunissent dans la région équatoriale du fuseau, à peu près à égale distance des deux asters, et y forment ce qu'on appelle la *plaque équatoriale* (A, fig. 6).

3° Les tronçons prennent ensuite la forme d'un V ou d'un U et se fendent chacun en deux autres dans le sens de la longueur, procédé qui a pour but d'assurer leur division en deux parties rigoureusement égales (s, s', fig. 6). On sait en effet, qu'à un très fort grossissement, un tronçon nucléaire se montre formé non d'une substance continue et homogène, mais d'une file de granulations chromatiques de grosseur inégale, noyées dans la linine. Or, quand un tronçon se fend en long, chaque granulation chromatique, quel que soit son calibre, se divise en deux et le tronçon se trouve ainsi partagé en deux moitiés bien plus rigoureusement égales que s'il s'était coupé en travers.

4° Les V ou U chromatiques dont le nombre vient ainsi de se doubler, se disposent sur deux assises parallèles dans la région équatoriale du fuseau, et dans chaque rangée ils s'orientent en tournant leur sommet vers l'aster correspondant (B, fig. 6).

Cela fait, les V de chaque assise émigrent peu à peu vers le pôle correspondant du

fuseau, en suivant les filaments achromatiques qui leur servent pour ainsi dire de guides, ce qui vaut encore à ces derniers le nom de *filaments directeurs* (C, fig. 6).

Arrivés au voisinage de l'aster, les tronçons d'un même groupe se soudent bout à bout et reconstituent ainsi un nouveau filament chromatique (D, fig. 6).

Une nouvelle membrane nucléaire apparaît tout autour de ce dernier; chaque sphère directrice se divise de son côté en deux qui restent au voisinage l'une de l'autre, et le noyau primitif se trouve ainsi segmenté en deux autres équivalents.

Enfin, dans le plan de l'équateur qui était occupé précédemment par la plaque chromatique, il apparaît une cloison albuminoïde qui divise le protoplasme en deux moitiés: cette cloison est formée tout d'abord par de simples granulations très rapprochées les unes des autres et qui finissent par constituer une membrane continue, pendant que les filaments directeurs du fuseau s'effacent peu à peu (E, fig. 6).

Une fois ces phénomènes terminés, la cellule primitive se trouve divisée, comme on le voit, en deux autres rigoureusement égales; chacune des deux nouvelles cellules formées comprend exactement la moitié du noyau, du protoplasme et de la membrane de la première.

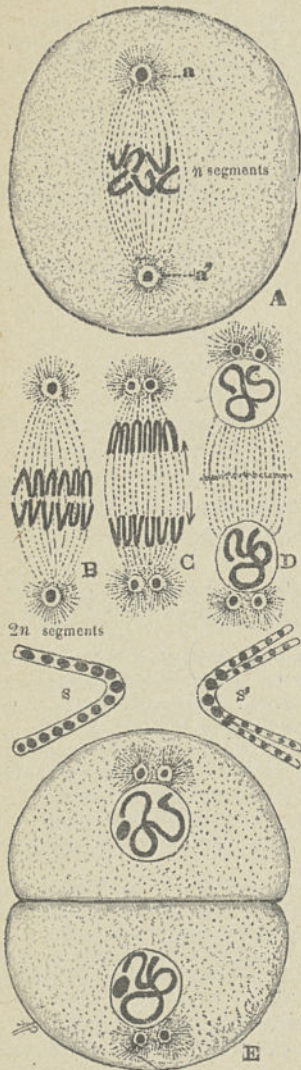


Fig. 6. — Différentes phases de la division cellulaire indirecte.

A, le filament nucléaire s'est fragmenté en n segments situés à égale distance des deux asters a et a' . — B et C, les n segments se sont divisés en $2n$ segments, qui émigrent vers les asters; chaque sphère directrice s'est divisée en deux. — D, les deux nouveaux noyaux sont constitués. — E, la division est complète; s , tronçon chromatique; s' , le même en voie de division.

§ 4. Origine des animaux. — L'ovule. — Il existe un nombre considérable d'êtres vivants qui ne sont jamais constitués que par *une seule cellule* dans laquelle sont concentrées toutes les fonctions vitales, nutrition, respiration, sensibilité, etc. — Ils forment le grand groupe des *Protozoaires* auquel appartient, par exemple, les *Infusoires* qui sont très nombreux dans les eaux croupies et dans toutes les infusions d'herbes (fig. 300 et 302). Toutefois leur différenciation est généralement un peu plus grande que celle de la cellule que nous venons d'étudier; beaucoup de Protozoaires ont en effet leur paroi percée d'une ouverture qui sert de bouche (a , fig. 302 et 305) et qui est bordée d'une couronne de cils vibratiles dont les mouvements déterminent un appel des particules nutritives; certaines espèces se déplacent librement dans l'eau, tandis que d'autres sont fixées par un petit pédoncule (fig. 302, 304 et 305); etc.

Tous les animaux autres que les Protozoaires sont au contraire formés par une *agglomération de cellules* dont le nombre et la forme sont d'ailleurs très variables. Ils forment le grand groupe des *Métazoaires* (Vers, Insectes, Vertébrés, etc.). Mais chacun de ces animaux, quel que soit son degré de complication à l'état adulte, est toujours constitué

au début de son existence par une cellule unique, appelée l'*ovule* ou *cellule*

femelle, qui s'est détachée du corps d'un animal et possède la faculté d'en engendrer un nouveau de la même espèce.

L'ovule a la même structure générale qu'une cellule quelconque ; seulement on donne habituellement des noms spéciaux à ses parties constituantes. Le protoplasme s'appelle le *vitellus* ; il renferme souvent une proportion considérable, de gouttelettes grasses ou albuminoïdes qu'il utilise ultérieurement comme matières nutritives ; la membrane cellulaire, quand elle existe, s'appelle la *membrane vitelline* ; le noyau est désigné sous le nom de *vésicule germinative* et les nucléoles s'appellent les *taches germinatives*.

L'ovule des Mammifères, découvert en 1827 par von Baer, mesure de 140 à 200 μ (fig. 7).

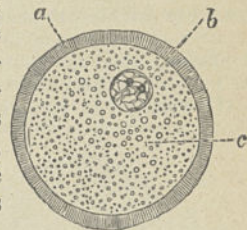


Fig. 7.
Oeuf de mammifère.
a, membrane. — b, noyau.
c, vitellus.

DIFFÉRENTES SORTES D'OVULES. — Les matières nutritives que renferme l'ovule sont désignées sous le nom de *vitellus nutritif* ou encore de *deutoplasme* pour les distinguer du protoplasme véritable que l'on appelle quelquefois le *vitellus formatif*. Le deutoplasme est en quantité variable et n'occupe pas toujours le même emplacement : de là trois grandes catégories d'ovules ;

1^o Les ovules *alécithes* (α , privatif ; $\lambda\epsilon\iota\tau\theta\omicron\varsigma$, jaune d'œuf), qui n'ont pas du tout de vitellus

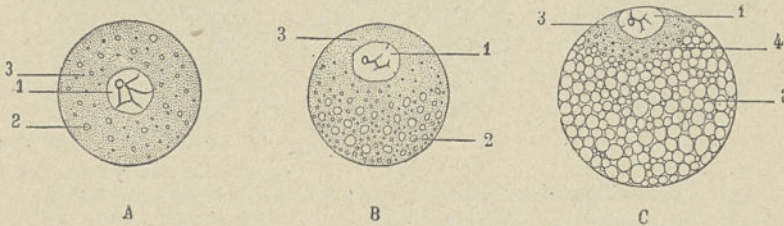


Fig. 8. — Divers types d'ovules (schématique) (L. TESTUT, Anatomie humaine).

A, ovule alécithe. — B, ovule hétérolécithe. — C, ovule mérolécithe.

1, vésicule germinative. — 2, vitellus nutritif (deutoplasma). — 3, vitellus formatif (protoplasma). — 4, zone intermédiaire entre le vitellus nutritif et le vitellus formatif.

lus nutritif ou qui n'en ont qu'une quantité insignifiante. Ils sont plutôt rares. On les trouve chez les Eponges, les Echinodermes, chez quelques Vers et chez l'Amphyxus.

2^o Les ovules *hétérolécithes* ($\epsilon\tau\epsilon\rho\omicron\varsigma$, inégal) chez lequel il existe une proportion importante de *deutoplasme* disséminé dans le protoplasme sous forme de petites sphères très peu nombreuses autour du noyau ; ces sphères se concentrent particulièrement à l'extrémité opposée. ce qui fait que l'ovule se compose de deux parties hétérogènes : celle qui entoure le noyau et où le protoplasme est à peu près pur, puis l'extrémité opposée constituée surtout par des sphères vitellines noyées dans un peu de protoplasme (ovules des Batraciens) (fig. 8).

3^o Les ovules *mérolécithes* ($\mu\epsilon\rho\omicron\varsigma$, partie) se composent de deux parties encore plus nettement séparées que dans le cas précédent, car le protoplasme et le vitellus nutritif, sont absolument distincts : le premier, accompagné du noyau, est concentré à un des pôles de l'ovule, tandis que le deutoplasme forme à lui seul tout le reste, sans interposition de protoplasme. Quand ces ovules se segmentent pour engendrer des embryons, la partie protoplasmique seule se sectionne pour donner d'autres cellules ; le deutoplasme reste au contraire compact, ne se sectionne pas et est absorbé peu à peu par l'embryon. méritant bien ainsi son nom de *vitellus nutritif* par opposition au *protoplasme* ou vitellus formatif qui seul se segmente (fig. 8).

L'œuf des Oiseaux est le type de cette catégorie ; il représente au total une cellule énorme dont le jaune, formé essentiellement d'une matière grasse, constitue le *vitellus nutritif*, tandis que le protoplasme vivant ou *vitellus formatif* n'est représenté que par

une toute petite tache transparente située quelque part à la surface du jaune et que l'on appelle communément la *cicatricule*⁴.

Cette cicatricule seule se segmente pour donner un nouvel embryon; celui-ci reste couché sur le jaune dont il se nourrit, et quand le petit oiseau brise sa coquille il a consommé la totalité des matières nutritives qui y étaient accumulées.

Le blanc et la coquille de l'œuf ne sont que des parties un peu secondaires qui se sont déposées autour de l'œuf durant son parcours dans les conduits; le blanc sert d'ailleurs de matières nutritives au même titre que le jaune.

La quantité de vitellus nutritif et la taille de l'ovule varient en général avec les condi-

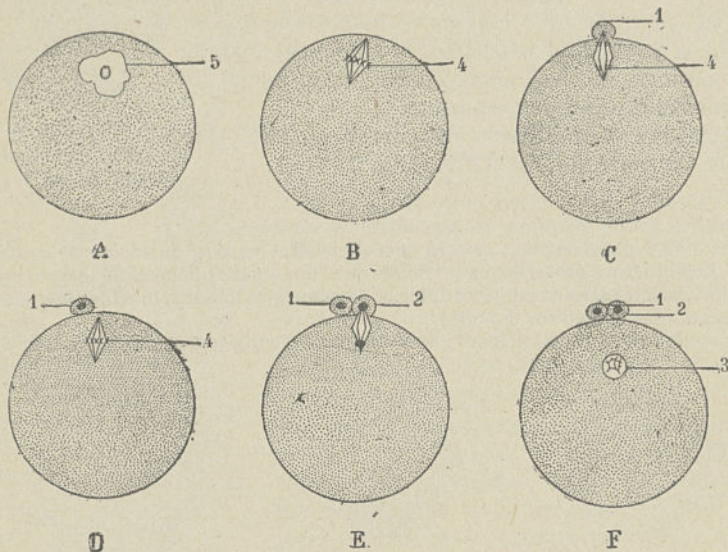


Fig. 9. — Différentes phases de la maturation (schématique, L. TESTUT, Anatomie humaine).

A à F, les différentes phases dans leur ordre de succession.

1, premier globule polaire. — 2, second globule polaire. — 3, pronucléus femelle. — 4, fuseau de direction, — 5, vésicule germinative.

tions dans lesquelles se développent les animaux; ceci est vrai surtout pour les Vertébrés dont les uns sont *ovipares* (Poissons, Batraciens, Reptiles et Oiseaux) et les autres *vivipares*.

Chez les Vertébrés *ovipares*, les ovules étant expulsés au dehors et se développant abandonnés à eux-mêmes, doivent nécessairement renfermer une quantité convenable de vitellus nutritif qu'utilisera l'embryon au cours de son développement; aussi ces ovules ont-ils toujours un vitellus nutritif très volumineux relativement au vitellus formatif. Leur taille absolue est d'ailleurs très variable; la plupart des Poissons ont des œufs gros comme une tête d'épingle; il en est comme l'Acanthias, voisin des Requins, qui ont des jaunes plus gros que ceux des œufs de poule; ceux des Oiseaux sont toujours volumineux et d'ailleurs en rapport avec la taille de l'animal; les œufs de l'Atruche dépassent même un litre. Chez les Vertébrés *vivipares* (Mammifères) les œufs subissent au contraire leur développement dans l'intérieur d'une poche maternelle spéciale par l'intermédiaire de laquelle ils reçoivent du sang nutritif et ils sont toujours de faible taille (140 à 200 μ) sans vitellus nutritif appréciable (fig. 7).

§ 5. Maturation de l'ovule; expulsion des globules polaires.— Pour qu'un ovule puisse se segmenter et engendrer un autre être, deux conditions préalables doivent être remplies. En premier lieu, il doit subir un certain nombre de modifications internes au cours desquelles il se débarrasse en particulier d'une portion de son noyau et qui déterminent ce qu'on

⁴ Au moment où l'œuf est pondu la *cicatricule* est déjà en réalité un petit embryon au stade de *gastrula*.

appelle sa *maturation*; après quoi il faut que l'ovule mûr se combine avec une autre cellule issue du même être ou d'un être différent, mais de la même espèce, et appelée la *cellule mâle*, *gamète mâle* ou *spermatozoïde*. Ce second phénomène s'appelle la *fécondation*.

Voyons d'abord les phénomènes de maturation de l'ovule. Ils consistent dans l'expulsion d'une portion du noyau accompagnée d'une petite quantité de protoplasme. Les faits se passent de la façon suivante (fig. 9) :

1° Le noyau de l'ovule se segmente d'abord en n segments chromatiques ou *chromosomes*, puis en $2n$ segments comme dans la karyokinèse ordinaire; ensuite, une des assises de n segments se rapproche de la surface et s'échappe au dehors en même temps qu'un peu de protoplasme, le tout formant une sorte de petite cellule qu'on appelle le *premier globule polaire* (1). L'autre assise de n segments chromatiques reste au contraire dans l'ovule et prend alors le nom de *noyau secondaire*.

2° Ce noyau secondaire se divise ensuite de nouveau en deux parties; mais cette fois les n segments chromatiques, au lieu de se diviser longitudinalement en $2n$ segments comme dans la karyokinèse ordinaire, se placent tout simplement sur deux assises de $\frac{n}{2}$ segments qui représentent chacune un demi-noyau; puis l'une des assises émigre à son tour au dehors avec un peu de protoplasme, formant ainsi un *second globule polaire* (2) dont la valeur est par conséquent celle d'une petite cellule pourvue d'un demi-noyau. L'autre demi-noyau de $\frac{n}{2}$ segments reste dans l'ovule et prend le nom de *pronucléus femelle* (fig. 3).

L'ovule a ainsi perdu la moitié de sa chromatine; on dit qu'il a subi la *réduction chromatique*; il est désormais *mûr*, c'est-à-dire prêt à subir le phénomène de la *fécondation* dont nous allons parler maintenant.

§ 6. Description des cellules mâles. — La fécondation. —

Pour que l'ovule mûr puisse se segmenter et engendrer un autre être, il faut

qu'il se fusionne préalablement avec une autre cellule issue d'un autre animal de la même espèce et que l'on appelle *cellule mâle* ou *spermatozoïde*. — La combinaison de l'ovule ou *cellule femelle* avec la *cellule mâle* constitue le phénomène de la *fécondation*.

La forme des cellules mâles est très différente de celle des cellules femelles. Les Arthropodes (Insectes, Crustacés, Myriapodes, Arachnides) et les Vers ronds (*Ascaris*) possèdent les plus simples; ce sont des simples petites cellules irrégulières à mouvements amiboïdes.

Chez tous les autres animaux, les cellules mâles ont la forme d'un long filament dont une des extrémités est renflée et l'autre longuement effilée. On y distingue les parties suivantes (fig. 10) :

1° Une *tête* (1) formée d'une agglomération de chromatine condensée et représentant le noyau; l'étude du développement a montré que ce dernier a subi la réduction chromatique tout comme l'ovule et qu'il n'est en réalité qu'un demi-noyau, ce qui le fait qualifier de *pronucléus mâle*;

2° La tête se continue par un *prolongement protoplasmique* ou *segment intermédiaire*, entouré d'un filament spiral à tours plus ou moins serrés (2) ;

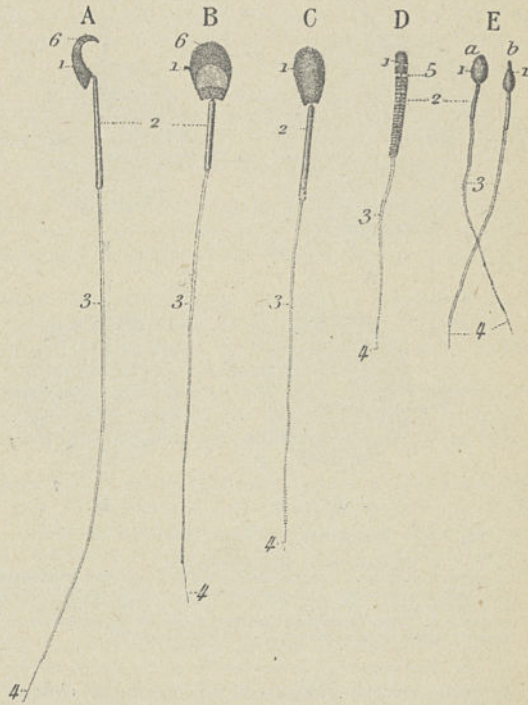


Fig. 10. — Gamètes mâles de différents mammifères.

A, souris; cobaye; C, taureau; D, E, homme; a, vu de face; b, vu de profil; 1, tête; — 2, segment intermédiaire. — 3 et 4, flagellum (L. Testut, *Anatomie humaine*).

3° Enfin, cet axe se continue à son tour par un long cil ou *flagellum* (3 et 4) qui, vu à de forts grossissements, paraît constitué par une dizaine de cils agglutinés et dont les mouvements ondulatoires permettent à la cellule de se déplacer dans les liquides. La longueur des cellules mâles est de 60 μ chez l'homme, de 200 μ chez les Batraciens.

Les ovules sont généralement engendrés par des *individus femelles* et les cellules mâles par des *individus mâles*; quelquefois cependant les deux sortes de cellules prennent naissance chez le même animal qui est alors qualifié d'*hermaphrodite*; mais dans ce dernier cas les cellules mâles et les cellules femelles nées chez un même individu ne s'uniraient jamais ensemble; l'union ne se ferait qu'entre cellules provenant d'individus différents et de la même espèce.

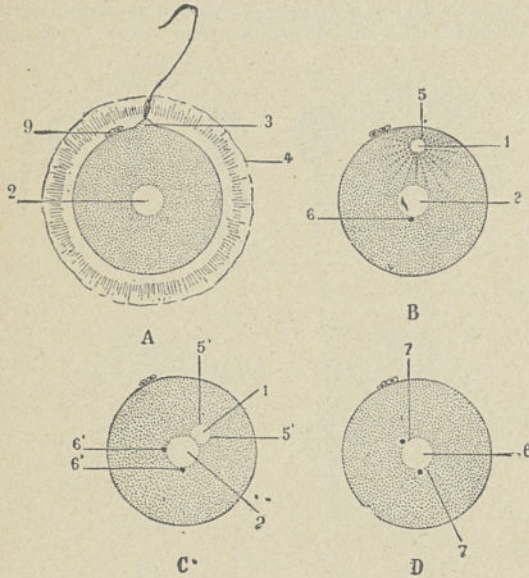


Fig. 11. — Fécundation (L. Testut, Anatomie humaine).

A, B, C, D, différents stades de la fécondation. — 1, pronucléus mâle. — 2, pronucléus femelle. — 3, cône d'attraction. — 4, membrane vitelline. — 5, spermocentre. — 5', 5'', les deux moitiés du spermocentre. — 6, ovocentre. — 6', 6'', les deux moitiés de l'ovocentre. — 7, 7, centrosomes du premier noyau de segmentation. — 8, premier noyau de segmentation. — 9, Globules polaires.

la petite couche gélatineuse qui enveloppe chacun de ces ovules (A, fig. 11). Bientôt la tête d'une des cellules mâles atteint la surface du protoplasme ovulaire qui se soulève légèrement à son contact (3); puis cette tête, se séparant de sa queue qu'elle abandonne, pénètre en entier dans l'ovule dont la surface se couvre alors presque instantanément d'une *membrane vitelline* qui est assez résistante pour s'opposer à la pénétration d'une seconde cellule mâle.

Tandis que la queue de la cellule mâle se détruit dans l'enveloppe gélatineuse, sa tête (noyau et centrosome) s'enfonce progressivement dans l'ovule et se gonfle en une petite vésicule ou *pronucléus mâle* (1), qui, comme nous l'avons déjà dit, ne renferme que la moitié du nombre normal des chromosomes. Les deux pronucléus mâle et femelle sont alors entourés chacun de petites granulations protoplasmiques disposées en files rayonnantes dont l'ensemble constitue un *aster*. Le pronucléus mâle se dirige vers l'autre, s'applique contre lui et les deux finissent par se fusionner complètement. La fécondation est terminée (B, C, D, fig. 11).

Comme chacun des pronucléus n'avait plus que la substance d'un demi-noyau, leur fusion reconstitue un *noyau entier*. La nouvelle cellule ainsi formée s'appelle un *œuf*; elle est caractérisée physiologiquement par la propriété qu'elle possède de se sectionner immédiatement pour engendrer un autre animal de la même espèce; les *cellules mâles et femelles, prises isolément, n'ont pas cette propriété*; elles meurent quand elles n'arrivent pas à se fusionner.

Au voisinage du noyau de l'œuf il existe deux centrosomes placés à deux pôles opposés, l'un appartenant à l'ovule (*ovocentre*, 6), l'autre apporté par la cellule mâle (*spermo-*

La *fécondation* ou *fusion* de l'ovule mûr avec la cellule mâle est un phénomène très général qui existe aussi bien chez les végétaux que chez les animaux. Voici par exemple comment les choses se passent chez les Oursins où elles sont très faciles à observer parce que les ovules sont pondus dans l'eau de mer après l'émission des globules polaires et que leur grande transparence permet de suivre au microscope toutes les phases de la fécondation.

Dans un verre de montre renfermant de l'eau de mer, on secoue tout simplement des glandes mâles et femelles préalablement retirées du corps de l'oursin. Puis on porte immédiatement sous le microscope une goutte du liquide, dans lequel se trouvent un grand nombre de cellules femelles et de cellules mâles. On voit celles-ci s'agiter autour des ovules grâce aux ondulations de leur queue, et finir par s'engager en grand nombre dans

centre, 5). Chacun d'eux se divise en deux moitiés ; puis celles-ci se déplacent en décrivant un arc de 90° en sens inverse autour du noyau et vont s'accoler respectivement à la moitié correspondante de l'autre centrosome. Ce déplacement s'appelle le *quadrille des centres* ; il complète la fécondation.

Des différentes parties de la cellule mâle, *le noyau seul joue un rôle important*, puisque sa queue protoplasmique reste emprisonnée dans la couche gélatineuse de l'ovule et ne pénètre pas à l'intérieur. On le regarde comme *l'agent essentiel de l'hérédité*, parce que c'est lui qui transmet à l'œuf certains caractères du mâle qui se retrouveront ultérieurement dans le nouvel être engendré par cet œuf. De même les caractères qui sont communs au nouvel être et à sa mère lui sont vraisemblablement transmis par le noyau de l'ovule. L'expulsion préalable sous forme de globules polaires de la moitié de la chromatine de l'ovule doit sans doute éliminer de celui-ci la moitié des caractères héréditaires de l'animal femelle, et ces caractères éliminés sont remplacés au moment de la fécondation par ceux qu'apporte le noyau mâle.

§ 7. **La parthénogenèse.** — La fécondation n'est pas une règle absolument générale ; il y a des œufs qui sont capables de se segmenter et d'engendrer de *nouveaux* êtres *sans fécondation préalable* ; cette segmentation s'appelle la *parthénogenèse* (παρθένος, vierge ; γένεσις, naissance).

La parthénogenèse existe normalement chez les Pucerons, les Abeilles, quelques Papillons et quelques Crustacés. Dans une ruche il y a, comme on le sait, trois sortes d'individus : des *mâles*, des *femelles infécondes* ou ouvrières et une femelle féconde unique ou *reine*.

Celle-ci pond pour ainsi dire à volonté des œufs qui sont fécondés et engendrent des femelles ouvrières, et d'autres œufs qui se développent sans fécondation (œufs parthénogénétiques) en engendrant uniquement des mâles. Sur la fin de sa vie, la reine ne pond plus que des œufs non fécondés et qui tous donnent des mâles.

Depuis quelques années, Loeb en Amérique et le professeur Yves Delage au laboratoire maritime de Roscoff (Finistère), ont réalisé de nombreux cas de parthénogenèse expérimentale en remplaçant les gamètes mâles par certains sels minéraux employés en solutions déterminées.

L'eau chargée d'anhydride carbonique agit de même. Les expériences ont porté surtout sur des œufs d'Oursin et d'Étoile de mer. Le professeur Yves Delage a trouvé que tous les sels principaux de l'eau de mer, chlorure de sodium, de potassium et de calcium, sulfate de soude ou de magnésie, etc., employés séparément dans des proportions déterminées, provoquent de nombreuses segmentations. Mais les liquides qui lui ont donné les meilleurs résultats sont des solutions de saccharose dans de l'eau de mer, additionnées d'un peu de tannate d'ammoniaque ; le tannin coagulerait certaines parties protoplasmiques et l'ammoniaque en liquéfierait d'autres. Au bout de dix-huit heures le bocal fourmille de larves nageantes. Mais la difficulté est de leur fournir ensuite une alimentation rationnelle. M. Yves Delage a réussi cependant à élever un certain nombre de petites étoiles de mer et de petits oursins. Deux de ceux-ci mesuraient respectivement 3^m,5 et 4 millimètres au bout de cinq mois. Un autre, mort prématurément, avait une symétrie hexamère, c'est-à-dire possédait 6 dents, 6 tentacules et 6 paires d'ambulacres ; cette particularité bizarre et tout à fait inattendue, car on n'avait jamais vu que des oursins du type pentamère, ne peut être due qu'à la fécondation chimique.

D'autres zoologistes (Boveri, Hertwig, Y. Delage) ont obtenu les segmentations en soumettant à l'action de gamètes mâles des œufs *privés préalablement de leur noyau* ; dans ce cas, les œufs n'apportent que leur protoplasma.

De ces différentes expériences, qui se continuent encore actuellement, on n'a pu tirer encore aucune explication précise du phénomène de la fécondation.

§ 8. **Segmentation de l'œuf.** — **Formation de l'embryon.** — Étudions maintenant le mécanisme par lequel la cellule-œuf, de dimensions généralement microscopiques, arrive à constituer le corps parfois énorme d'un Métazoaire. C'est tout simplement *en se sectionnant un grand nombre de fois* aussitôt après la fécondation, que cette cellule engendre des organismes complexes comme les Oiseaux ou les Mammifères. Les nouvelles cellules ne se disposent pas de la même manière chez tous les animaux à mesure qu'elles prennent naissance. Considérons par exemple ce qui se passe dans

la segmentation des œufs d'Echinodermes, d'Éponges ou de Polypiers ; ce sont des œufs à protoplasme pur sans matières nutritives (œufs alécithes).

1° La *cellule-œuf* se divise d'abord en deux par le procédé de la karyokinèse précédemment étudié, chacune de celles-ci en deux autres et ainsi de suite. Ces divisions successives et répétées donnent bientôt un petit amas de cellules arrondies et accolées les unes aux autres, auquel on donne le nom de *morula* à cause de sa ressemblance avec une mûre (A à F, fig. 12).

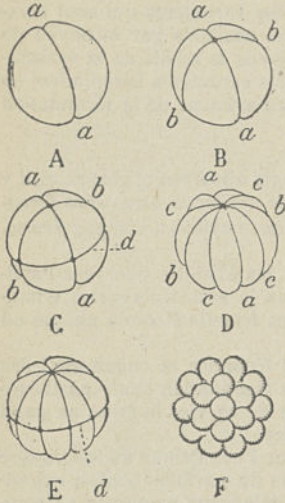


Fig. 12.

Différentes phases de la segmentation d'un œuf, depuis sa division en deux selon le sillon *aa*, jusqu'à la formation de la *morula* F. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

œuf qui n'avait pas ou qui n'avait que très peu de matières nutritives, est généralement obligée de se déplacer dans l'eau pour chercher sa nourriture ; à cet effet, les cellules de l'exoderme se couvrent de cils vibratiles à l'aide desquels l'embryon peut nager.

Quant à l'orifice de la *gastrula* (B, fig. 6), il mérite le nom de *bouche primitive* ou *blastopore*, car il fonctionne comme une bouche dès le début. Toutefois, chez quelques animaux, cet orifice devient l'anus, chez d'autres il se ferme après avoir fonctionné quelque temps comme bouche et il s'en forme une nouvelle en un autre point.

Il existe des animaux tels que les *Méduses* (fig. 319) les *Hydres* (fig. 312), les *Polypiers* (fig. 327 et 329) qui ne dépassent jamais le stade de la *gastrula* et restent toute leur vie constitués par un tube digestif fermé à un bout et percé à l'autre d'un orifice servant de bouche et d'anus. Leur corps est

2° Les cellules de la *morula*, tout en continuant à se multiplier, émigrent à la périphérie et se placent sur une seule assise ; l'embryon devient ainsi une sorte de petit ballon creux que l'on appelle une *blastula* ; sa cavité, remplie de liquide sécrété par les cellules, porte le nom de *cavité de segmentation* (A, fig. 13).

3° La paroi de cette *blastula* s'enfonce ensuite, en un certain point, dans l'intérieur de la cavité de segmentation à la manière d'un doigt de gant ; la nouvelle cavité ainsi engendrée représente le premier rudiment du tube digestif et particulièrement de l'estomac, d'où le nom de *gastrula* donné à l'embryon parvenu à ce stade. Son corps comprend dès lors deux assises cellulaires ou feuillettes : une externe ou *exoderme* qui forme le revêtement extérieur de l'embryon, une interne ou *endoderme* qui constitue la paroi du sac digestif (fig. B, 6).

Ce sac que l'on appelle communément l'*intestin primitif* ou *archenteron* entre presque aussitôt en fonction, car la *gastrula*, étant issue d'un

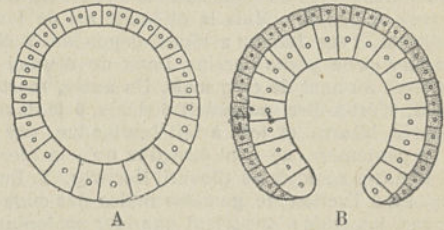


Fig. 13.

A, *blastula*. — B, *gastrula*.

uniquement formé par l'exoderme et l'endoderme accolés l'un à l'autre. Tous les animaux constitués de la sorte forment l'embranchement des *Cœlentérés* (κοιλον, cavité ; εντερον, intestin).

4° Chez tous les Métazoaires autres que les Cœlentérés (Vers, Mollusques, Vertébrés, etc.), la gastrula se complique d'abord par l'apparition d'un troisième feuillet (fig. 14). De nouvelles cellules, formant ce qu'on appelle le *mésoderme*, se développent entre l'exoderme et l'endoderme qu'elles distendent; puis elles se divisent en deux lames : une interne qui s'accôle à l'endoderme et qui s'appelle la *splanchnopleure*; une externe qui s'applique contre l'exoderme et s'appelle la *somatopleure*. Entre ces deux lames se trouve maintenant une nouvelle cavité qui isole le tube digestif de la paroi du corps et qui s'appelle la *cavité générale* ou *cœlome* (κοιλον, cavité), dans laquelle se développeront ultérieurement tous les autres organes.

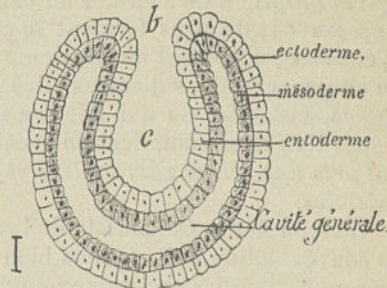


Fig. 14. — Embryon au stade de la gastrula avec ses feuilletts.
b, bouche ; — c, cavité digestive.

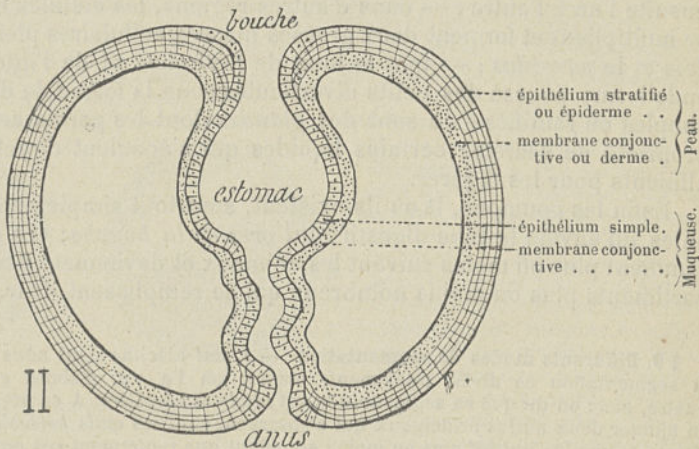


Fig. 15. — Embryon avec tube digestif ouvert à ses deux bouts.

e, exoderme ; — é, endoderme ; — m, feuillet externe du mésoderme ou *somatopleure* ; — m', feuillet interne ou *splanchnopleure*.

Cœlentérés, c'est que leur tube digestif au lieu d'être fermé en cul-de-sac comme chez la gastrula, prend toujours un second orifice, l'*anus*, destiné uniquement à l'expulsion des résidus de la digestion, tandis que la bouche sert seulement à l'absorption des matières alimentaires. Ces animaux possèdent ainsi un plus grand degré de perfection que les Cœlentérés ; la coupe schématique de leur corps peut se représenter par la figure 15.

Jusqu'à ce moment, le nouvel être n'est encore formé que de cellules qui se ressemblent à peu près toutes ; mais elles ne tardent pas à se réunir en groupes dans chacun desquels elles prennent une forme et des dimensions

particulières pour constituer un organe déterminé : c'est ainsi que certaines s'agencent pour former le cœur et les vaisseaux sanguins; d'autres acquièrent la propriété de sécréter du calcaire dont elles s'entourent et constituent ainsi les os; d'autres forment le cerveau; celles de l'ectoderme se multiplient et se disposent en plusieurs assises pour mieux protéger la surface du corps; certaines d'entre elles se durcissent et forment les poils et les ongles, etc., etc. Ce qui fait que tout organe adulte, quelles que soient sa disposition et sa complication, n'est jamais *qu'un assemblage de cellules qui ont pris une forme particulière et dont le protoplasme jouit de propriétés spéciales.*

Chacun des trois feuilletts de l'embryon engendre généralement au cours de son évolution des organes bien déterminés. Si l'on considère les Vertébrés en particulier on trouve que :

1° L'*exoderme* engendre la partie la plus superficielle de la peau (épiderme), le système nerveux et les parties essentielles des organes des sens ;

2° Le *mésoderme* engendre les muscles, le tissu conjonctif, le squelette, le sang et les vaisseaux sanguins ;

3° L'*endoderme* continue à former la paroi interne du tube digestif; il engendre en outre le *cœur*, le *foie*, le *pancréas* et les *glandes digestives*.

Le *cœur* se forme par deux diverticules de l'endoderme qui s'accolent ensuite l'un à l'autre; — dans d'autres régions, les cellules de l'endoderme se multiplient et forment deux grosses masses cellulaires pleines qui sont le *foie* et le *pancréas*; — tout le long de l'estomac et de l'intestin, le même endoderme pousse des petits diverticules sous la forme de doigts de gants simples ou ramifiés : ce sont des *glandes* dont les parois cellulaires ont la propriété de sécréter certains liquides qui s'écoulent directement sur les aliments pour les digérer.

Enfin les poumons, là où ils existent, sont tout simplement deux diverticules qu'envoie le tube digestif *tout près de la bouche*; ces diverticules se ramifient plus ou moins suivant les animaux et deviennent deux sacs à compartiments plus ou moins nombreux qui se remplissent d'air.

§ 9. **Différents modes de segmentation.** — L'œuf alécithe dont nous venons d'étudier la segmentation se divise totalement, comme on l'a vu, d'abord en deux, puis en quatre, etc. : on dit que sa segmentation est *totale et régulière*. A ce premier mode il faut en ajouter deux autres principaux qui s'observent chez les œufs *hétérolécithes* et *mérolécithes*; le vitellus nutritif plus ou moins abondant que renferment ces œufs n'est pas doué en effet de vitalité comme le protoplasme formatif et constitue plutôt une masse inerte qui contrarie les divisions régulières de l'œuf. Il y a deux cas à considérer suivant l'emplacement qu'occupe ce vitellus nutritif : la segmentation peut être *totale et irrégulière* ou bien *partielle*.

1° *Segmentation totale et irrégulière.* — On sait que chez les œufs *hétérolécithes* le vitellus nutritif est réparti dans tout le protoplasme formatif avec cette particularité qu'il est relativement peu abondant à l'un des pôles, au voisinage du noyau; aussi cette dernière région qui est du protoplasme plus pur commence-t-elle par se séparer du reste, et à la suite des premières segmentations on la trouve divisée en deux petites cellules ou *micromères* (2^o fig. 16) placées sur deux beaucoup plus grandes ou *macromères* (2^o), remplies de vitellus nutritif.

Chacun de ces deux groupes continue à se cloisonner séparément : les petites cellules à protoplasme presque pur se cloisonnent rapidement tout en restant sur une seule assise (2, fig. 17), et finissent par entourer complètement les autres (3, fig. 17) en gagnant le pôle opposé où elles laissent un petit orifice qui sera la bouche ou *blastopore* (4, fig. 17). Cette assise externe de petites cellules constitue l'*exoderme*.

Les grandes cellules vitellines se divisent moins vite, mais elles arrivent néanmoins à former à l'intérieur de l'exoderme une couche continue qui n'est pas autre chose que l'*endoderme* et au centre de laquelle se trouve une cavité communiquant au dehors par le blastopore. Ce processus aboutit ainsi à la formation d'une *gastrula* dont la paroi interne, qui a un rôle digestif, est dès le début formée de grandes cellules bourrées de vitellus nutritif. Le reste du développement se fait ensuite comme dans le cas de la segmentation régulière.

2° *Segmentation partielle ou incomplète.* — Dans les œufs mœrolécithes comme ceux des Oiseaux, le protoplasme formatif et le vitellus nutritif sont, comme nous l'avons déjà dit, absolument distincts; aussi ce dernier qui est complètement inerte reste-t-il massif et ne se cloisonne-t-il à aucun moment.

Le protoplasme formatif et le noyau qui occupent un des pôles de l'œuf se segmentent seuls et arrivent à constituer une sorte de calotte ou de disque à plusieurs assises de cellules qui coiffe le vitellus nutritif et que l'on appelle le *disque germinatif* ou *blastoderme* (*blastos*, germe; *derma*, membrane); chez l'œuf de l'oiseau on l'appelle communément la *cicatricule* (fig. 18).

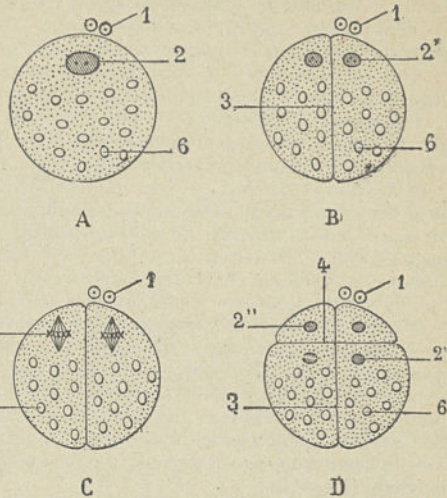


Fig. 16. — Segmentation d'un œuf hétérolécithe (L. TESTU, Anatomie humaine).

A, l'œuf avant la division. — B, l'œuf divisé par un sillon vertical. — C, formation des fuseaux qui vont présider à la première division équatoriale. — D, première division équatoriale.
1, globules polaires. — 2, premier noyau de segmentation. 2'', noyaux des blastomères engendrés par des sillons méridiens; 2', noyaux des micromères. 2'', noyaux des macromères. — 3, sillon méridien. — 4, sillon équatorial. — 5, blastopore. — 6, vitellus nutritif.

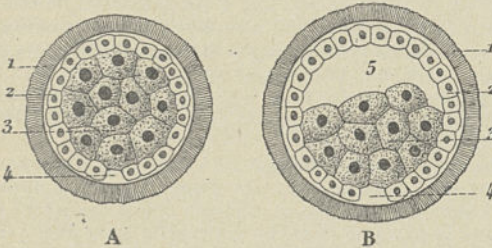


Fig. 17. — Segmentation totale et irrégulière d'un œuf de mammifère (d'après TOURNEUX).

la région occupée par le disque germinatif primitif s'épaissit seule et devient l'embryon; partout ailleurs les trois feuilletts se contentent d'entourer la masse du vitellus; celui-ci s'étrangle progressivement au-dessous du corps de l'embryon et apparaît à un moment donné comme une sorte de petit sac appelé la *vésicule ombilicale* qui n'est plus relié à la face ventrale de l'embryon que par un cordon creux, le *cordon ombilical*, par lequel passent des vaisseaux sanguins destinés à puiser le vitellus nutritif.

§ 10. *Enveloppes embryonnaires des Vertébrés.* — Presque tous les Invertébrés sont aquatiques; leurs embryons se développent dans l'eau qui joue à la fois le rôle de milieu protecteur et de milieu nutritif, et leur corps n'est jamais entouré d'enveloppes spéciales.

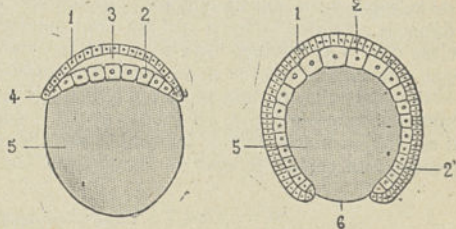


Fig. 18. — Segmentation partielle d'un œuf mœrolécithe (L. TESTU, Anatomie humaine).

1, Ecloderme; — 2, endoderme; — 3, cavité de segmentation; — 4, bord d'enveloppement; — 5, vitellus nutritif; — 6, blastopore.

D'ailleurs ces embryons se mettent de très bonne heure à la recherche de leur nourriture, car les œufs ne renferment jamais qu'une très faible quantité de vitellus nutritif ou en sont même complètement dépourvus ; c'est ainsi que la *blastula* des Eponges et la *gastrula* des Polypes voyagent déjà à l'aide des cils vibratiles qui les recouvrent.

Chez les Vertébrés il y a trois cas à considérer suivant que les embryons évoluent dans l'eau, dans l'air ou à l'intérieur du corps de la mère.

1° *Poissons et Batraciens*. — Les embryons couchés sur leur vésicule ombilicale remplie de vitellus évoluent librement dans l'eau qui suffit à les protéger; les enveloppes protectrices font complètement défaut (fig. 463).

2° *Reptiles et Oiseaux*. — Les animaux de ces deux groupes pondent leurs œufs sur le sol et les embryons se développant abandonnés à eux-mêmes doivent tout d'abord trouver dans l'œuf la quantité de matières nutritives suffisantes pour assurer leur croissance jusqu'au jour où ils seront assez forts pour chercher eux-mêmes leur nourriture au dehors. C'est ce qui explique le volume relativement considérable des œufs de ces animaux ; le vitellus nutritif y est très abondant et le tout est enfermé dans une coque résistante.

D'autre part, les embryons subissant leur développement dans l'air doivent être protégés contre une dessiccation qui serait inévitable s'ils restaient nus comme les embryons aquatiques. A cet effet, ils s'entourent d'abord d'un sac complètement rempli d'eau appelé l'*amnios*, qui les met ainsi très sensiblement dans les mêmes conditions que les embryons aquatiques des Poissons et des Batraciens. L'*amnios* se forme par un repli saillant de la *somatopleure* (exoderme et lame mésodermique externe) qui apparaît tout autour de la base de l'embryon, se soulève peu à peu au-dessus de celui-ci et finit par l'entourer complètement (fig. 464).

La seconde membrane s'appelle l'*allantoïde* (ἀλλὰς, saucisse; εἶδος, apparence) ; elle recouvre à son tour l'*amnios* et se développe de la façon suivante ; la *splanchnopleure* (endoderme et lame interne mésodermique) qui forme la paroi de l'intestin, pousse à la face ventrale, au voisinage du cordon ombilical, un diverticule qui se dirige progressivement vers la face dorsale de l'embryon et finit par recouvrir tout le sac de l'*amnios*. Ses parois renferment de nombreux vaisseaux sanguins dans lesquels l'air extérieur filtre par osmose et qui se continuent jusque dans l'embryon en passant par le cordon ombilical, ce qui fait de l'*allantoïde* un sac à la fois protecteur et respiratoire ; c'est aussi une sorte de vessie urinaire, car les produits de désassimilation de l'embryon s'y accumulent (fig. 464).

3° *Mammifères*. — Les conditions du développement sont tout à fait différentes de celles des autres Vertébrés : les œufs au lieu d'être pondus restent enfermés dans une poche de l'organisme maternel appelée l'*utérus* où les embryons subissent leur développement ; ils adhèrent solidement aux parois de cette cavité qui leur envoie en même temps tout le sang chargé de matériaux nutritifs dont ils ont besoin. Ils vivent ainsi en parasites dans la poche maternelle ; aussi l'œuf des Mammifères est-il toujours de très petite taille (140 à 200 μ) parce qu'il n'accumule pas de matières nutritives.

Bien qu'abrités dans l'*utérus*, les embryons des Mammifères ne s'entourent pas moins de l'*amnios* et de l'*allantoïde*, ce qui est sans doute le souvenir d'une disposition ancestrale ; mais de plus la face externe de l'*allantoïde* pousse en certains points des sortes de racines ou villosités qui s'enfoncent dans la paroi de la poche maternelle pour fixer l'embryon comme nous l'avons déjà dit plus haut (fig. 465). Cette région de contact entre la mère et l'embryon s'appelle le *placenta*. Ce placenta est d'une richesse extraordinaire en vaisseaux sanguins dans lesquels le sang maternel, chargé d'éléments nutritifs et d'oxygène, va assurer la nutrition et la respiration de l'embryon. Toutefois les vaisseaux de la mère ne se continuent pas directement chez ce dernier ; ils débouchent simplement dans de grandes lacunes qui ne sont peut-être que des capillaires énormément dilatés ; c'est dans ces lacunes que plongent les vaisseaux sanguins des villosités placentaires qui convergent ensuite dans le cordon ombilical pour pénétrer finalement dans l'embryon.

Au bout d'un certain temps, d'ailleurs très variable avec les différents Mammifères, le nouvel être est expulsé au dehors après la rupture préalable du placenta ; à sa naissance il est toujours très faible, incapable de chercher sa nourriture et vit du lait de la mère pendant un certain temps.

CHAPITRE II

TISSUS

Chez les êtres unicellulaires tels que les Amibes ou les Infusoires, la cellule est le siège de toutes les fonctions vitales. Son protoplasme est à lui seul chargé des multiples fonctions de la nutrition et de la reproduction, du mouvement et de la sensibilité.

Mais chez les êtres pluricellulaires les éléments se partagent pour ainsi dire les différentes fonctions vitales ; certains se groupent pour servir uniquement à l'absorption des matières alimentaires ; d'autres sécrètent du calcaire pour constituer le squelette, là où il existe ; il en est qui acquièrent une grande contractilité et deviennent les muscles destinés à déplacer le corps, etc... Plus cette division du *travail physiologique* est poussée loin, plus l'organisme est perfectionné.

Néanmoins, si les éléments cellulaires se disposent ainsi en groupes ou *organes* et se spécialisent pour remplir une certaine fonction, si chaque organe travaille ainsi pour son propre compte, il n'en est pas moins vrai que toutes les fonctions se coordonnent pour assurer la vie de l'être. Ces éléments à fonctions distinctes se trouvent de la sorte dans une dépendance très étroite vis-à-vis les uns des autres, à tel point que si certains, plus importants, cessent de fonctionner, l'organisme entier s'arrête. C'est ainsi que la suppression du cœur ou des reins amène immédiatement la mort.

La vie de l'être est ainsi d'autant plus fragile que ses différents organes sont plus spécialisés ; le corps d'une Hydre se régénère quand on le coupe en deux et donne deux autres hydres ; la chose n'est pas possible chez les Vertébrés, qui sont beaucoup plus différenciés.

On donne le nom de *tissu* à un ensemble d'éléments anatomiques qui se sont différenciés de la même manière et se sont groupés pour accomplir une fonction déterminée. Ainsi les cellules qui deviennent contractiles et se groupent pour amener le déplacement du corps forment le *tissu musculaire* ; celles qui s'associent pour produire du calcaire et reconstituer le squelette, forment le *tissu osseux*, etc.

Les tissus animaux sont au nombre de sept principaux. Ce sont : le *tissu épithélial* ou épithélium, le *tissu conjonctif*, le *tissu osseux*, le *tissu cartilagineux*, le *tissu musculaire*, le *tissu nerveux* et le *sang*.

I. — TISSU ÉPITHÉLIAL OU ÉPITHÉLIUM

Un *épithélium*, de même que n'importe quel tissu, se définit à l'aide de trois caractères : sa forme générale, l'emplacement qu'il occupe et la structure de ses éléments constitutants.

Les épithéliums sont des *membranes* généralement minces qui recouvrent la surface du corps ou qui tapissent l'intérieur de tous les organes creux, que ceux-ci communiquent ou non avec l'extérieur. Ils sont uniquement formés de *cellules* serrées les unes contre les autres, ne laissant pas d'intervalles libres entre elles. On les divise en deux grandes catégories, les épithéliums *simples* et les épithéliums *stratifiés*.

1° Les *épithéliums simples* sont ainsi appelés parce qu'ils ne sont formés que d'une assise de cellules; ce sont par conséquent des membranes toujours minces. La forme de leurs cellules est d'ailleurs assez variable; elles peuvent être cubiques, cylindriques, etc., et ils sont alors qualifiés

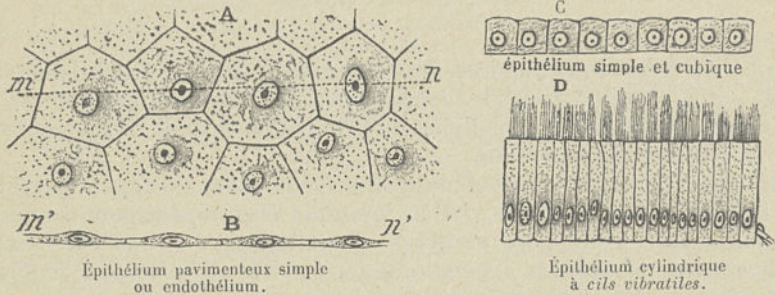


Fig. 19.

A, endothélium vu de face. — B, le même coupé suivant *m n* perpendiculairement à sa surface et vu par la tranche *m' n'*. — C, épithélium simple et cubique. — D, épithélium cylindrique à cils vibratiles.

d'épithéliums *cubiques* (C, fig. 19), *cylindriques* (D, fig. 19), etc... Exemple : l'épithélium *simple* et *cylindrique* de l'estomac ou de l'intestin, qui n'est pas autre chose que l'ancien endoderme de l'embryon.

Les plus minces de tous sont constitués par une assise de cellules larges et aplaties comme des pavés de carrelage, ce qui les fait qualifier d'*épithéliums simples pavementeux* (A, fig. 19); parfois, leur épaisseur ne dépasse pas 1μ et est représentée par la coupe transversale *m' n'* (B, fig. 19).

On les trouve toujours dans certains organes creux tels que le cœur, les vaisseaux sanguins, les cavités pulmonaires, etc., où ils forment des membranes très délicates accolées à la face interne de la paroi; leur position à l'intérieur des organes les fait encore qualifier d'*endothéliums*, terme beaucoup plus fréquemment employé que celui d'*épithélium simple pavementeux*.

2° Les *épithéliums stratifiés* sont formés de plusieurs assises ou *strates* de cellules superposées et se développent en particulier là où une plus grande résistance est nécessaire. Si les cellules les plus superficielles sont aplaties, on a un *épithélium stratifié pavementeux*; si au contraire elles sont élevées, on a un *épithélium stratifié cylindrique*.

L'épithélium qui recouvre tout le corps et qui est désigné sous le nom spécial d'*épiderme*, est tout à fait typique. Son assise la plus profonde (1, fig. 121) est formée de cellules cylindriques qui sont constamment en voie de multiplication. Dans les assises suivantes (2), les cellules sont polygonales et forment la couche de *Malpighi* ou encore la *couche muqueuse* à cause de sa mollesse; et enfin à mesure qu'elles se rapprochent de la surface de la peau, elles s'aplatissent de plus en plus, perdent leur matière vivante et se réduisent finalement chacune à une petite lamelle sèche et

cornée (3, 4 et 5). Quand elles sont ainsi modifiées, elles se détachent et tombent ; les pellicules de la peau n'ont pas d'autre origine. En même temps, les cellules cylindriques de l'assise la plus profonde se multiplient régulièrement et en engendrent de nouvelles, qui repoussent peu à peu les anciennes vers la périphérie, où celles-ci finissent par mourir à leur tour. C'est d'ailleurs un caractère général de tous les épithéliums de se détruire et de se régénérer d'une façon continue.

L'épiderme est donc un exemple très net d'*épithélium stratifié pavimenteux*. Ses assises multiples constituent une enveloppe protectrice plus résistante ; elles se continuent dans la bouche, puis tout le long de l'œsophage et sont ramenées à une assise unique dans l'estomac et l'intestin, où il n'existe plus qu'un épithélium unique et cylindrique (fig. 21).

La trachée qui conduit l'air dans les poumons est tapissée par un *épithélium stratifié cylindrique* dont les cellules externes sont couvertes de *cils vibratiles* qui, par leurs mouvements, font constamment remonter jusqu'au fond de la bouche les mucosités qui recouvrent toute la surface de la trachée et la maintiennent humide. Un tel épithélium est qualifié d'*épithélium vibratile* (D, fig. 19 et fig. 252).

Au point de vue de leurs fonctions, les épithéliums se divisent en trois grandes catégories :

1° Les *épithéliums de revêtement ou protecteurs* qui recouvrent la surface du corps ou tapissent intérieurement les organes creux (épiderme de la peau, épiderme stratifié de la bouche ou de la trachée, épiderme simple de l'estomac, de l'intestin, etc.).

2° Les *épithéliums absorbants*, représentés en particulier par l'épithélium simple de l'intestin, dont les cellules forment non seulement un revêtement interne, mais possèdent encore la propriété d'*absorber* les aliments digérés pour les faire passer ensuite dans le sang (fig. 21).

3° Les *épithéliums sécréteurs* ou *épithéliums glandulaires*, ou simplement les *glandes*, dont les cellules ont la propriété de *sécréter* des liquides particuliers, tels que la salive, le suc gastrique de l'estomac, etc. A cet effet, ces cellules puisent dans le sang des substances particu-

lières qu'elles transforment chimiquement dans leur intérieur pour en faire soit de la salive, soit du suc gastrique, etc., qui s'échappe ensuite au dehors. Dans ce cas l'épithélium est toujours simple et au lieu de constituer des membranes planes plus ou

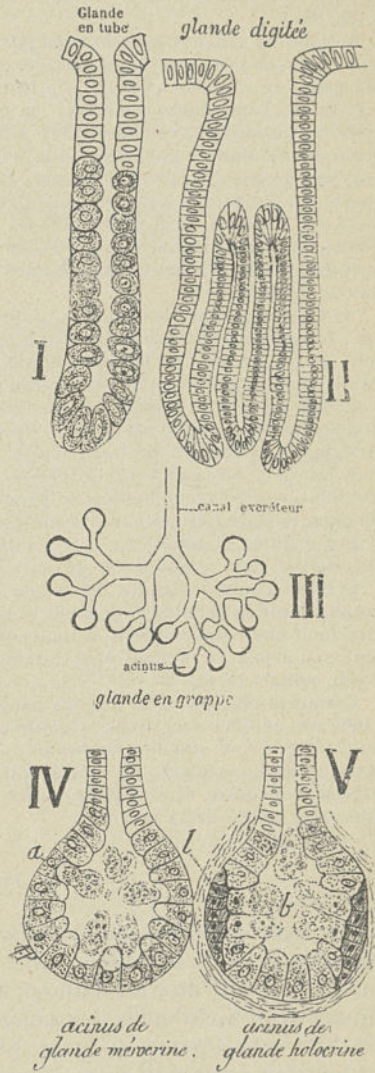


Fig. 20.

I, glande en tube (glande à pepsine de l'estomac). — II, glande digitée (glande muqueuse de l'estomac). — III, Schéma d'une glande en grappe. — IV, a, cellule dont le sommet s'est détaché pour former le liquide de la glande. — V, b, cellule qui se détache tout entière pour former le liquide de la glande ; l, lunule de Gianuzzi.

moins étendues il s'enfonce sous la forme de petits tubes microscopiques, simples ou ramifiés, pouvant affecter trois dispositions différentes :

1^o Des tubes simples comparables à des doigts de gants isolés : les cellules qui forment les parois du tube sont disposées sur une seule assise : on les appelle les *glandes en tube* ; es parois de l'intestin en renferment de très nombreuses qui sécrètent le suc intestinal (I, fig. 20) ;

2^o D'autres glandes sont formées par plusieurs tubes simples qui déversent leurs produits dans un canal excréteur unique ; celles-ci sont comparables à l'ensemble des doigts d'un gant ; ce sont des *glandes digitées*. Exemple : les glandes de l'estomac (II, fig. 20).

3^o Enfin, l'épithélium sécréteur se présente encore sous la forme de très nombreux tubes microscopiques ramifiés qui se terminent chacun par une petite ampoule ou acinus ; on lui donne alors le nom de *glande en grappe* à cause de la ressemblance qu'il présente avec une grappe de raisin. Exemple : les glandes salivaires. Les cellules qui forment les parois des ampoules sont ovoïdes, disposées sur une assise unique et sécrètent constamment de la salive, surtout pendant les repas, tandis que celles qui forment les conduits sont plus petites, cylindriques et ne sécrètent rien (III, fig. 20).

Les cellules sécrétrices des glandes se comportent de deux façons dans leur mode de fonctionnement :

1^o Chez la plupart des glandes, *glandes salivaires, glandes de l'estomac et de l'intestin*, etc., les cellules se remplissent peu à peu du liquide spécial qu'elles élaborent et se gonflent (a, IV, fig. 20) ; le liquide brillant s'accumule souvent à une des extrémités de la cellule, tandis que le noyau et le protoplasme granuleux restent à l'autre extrémité. Puis le produit sécrété s'échappe à l'extérieur en filtrant à travers la paroi cellulaire qui reste intacte ; ou bien, ce qui est plus fréquent, toute la partie claire de la cellule se détache, en laissant au fond le protoplasme et le noyau (a, IV). On dit dans ce dernier cas que la sécrétion se fait par *fonte cellulaire*. La cellule se cicatrise ensuite peu à peu et son protoplasme peut recommencer à élaborer d'autre liquide, en puisant des éléments nutritifs dans le sang qui circule à la périphérie de la glande.

Les cellules glandulaires qui persistent ainsi et accomplissent plusieurs sécrétions successives, sont qualifiées de *glandes mérocrines* (*meros*, partie ; *crinein*, sécréter).

2^o Dans d'autres glandes telles que les *glandes sébacées* (7, fig. 124), le liquide sécrété envahit toute la cellule ; le protoplasme ainsi que le noyau s'usent complètement. Elles se détachent alors tout entières et tombent dans la cavité de la glande ; leurs parois s'y gélofient peu à peu et mettent leur liquide en liberté. On les appelle des *glandes holocrines* (*holos*, entier) (b, fig. 20 V).

Certaines glandes telles que les sous-maxillaires possèdent au fond de leurs ampoules, à côté des cellules sécrétrives ordinaires, des amas de petites cellules à protoplasme plus foncé (l fig. 20, V) appelés les *lunules de Gianuzzi* ; ces cellules sont dites *cellules séreuses* parce qu'elles sécrètent un liquide plus limpide que les autres cellules, qui sont dites *cellules muqueuses*, et ce liquide renferme une portion beaucoup plus grande de ptyaline, substance active de la salive.

II. — TISSU CONJONCTIF

Ce tissu est ainsi appelé parce qu'il occupe les intervalles qui existent entre les organes ou même entre les différents éléments d'un même organe, auxquels il sert de trait d'union. On ne peut mieux le comparer qu'à l'ouate qui servirait à emballer des objets dans une caisse, ces objets représentant les différents organes ou leurs différents éléments.

Le tissu conjonctif forme encore des membranes plus ou moins épaisses qui s'étendent le long des épithéliums pour leur donner une plus grande résistance, en leur servant pour ainsi dire de doublure. C'est ainsi qu'une semblable membrane conjonctive recouvre toute la face externe de l'épithélium de l'intestin, puis se réfléchit au niveau de la bouche pour se continuer sans interruption sous toute l'étendue de l'épiderme du corps, où son épaisseur devient même beaucoup plus grande et où elle prend le nom particulier de *derme* (fig. 21).

La peau est donc composée de deux parties : un épithélium stratifié ou

épiderme, doublé intérieurement par une couche conjonctive ou *derme*. C'est le tissu conjonctif qui forme la chair jaunâtre et spongieuse, souvent envahie par la graisse, qui reste parfois à la surface du corps des animaux de boucherie une fois qu'ils sont écorchés. C'est également lui qui forme les petites peaux blanchâtres qui sont intercalées dans l'épaisseur des muscles et qui sont bien visibles lorsqu'on tire avec la fourchette sur un morceau de bifteck.

On conçoit fort bien que sans une doublure conjonctive, l'épithélium simple de l'intestin, par exemple, serait loin d'avoir une résistance suffisante pour supporter les aliments et crèverait facilement sous leur poids.

L'ensemble formé par un épithélium et sa doublure conjonctive s'appelle une *membrane muqueuse* lorsque cet ensemble constitue la paroi interne d'un organe qui s'ouvre à l'extérieur. Exemple : la muqueuse de la

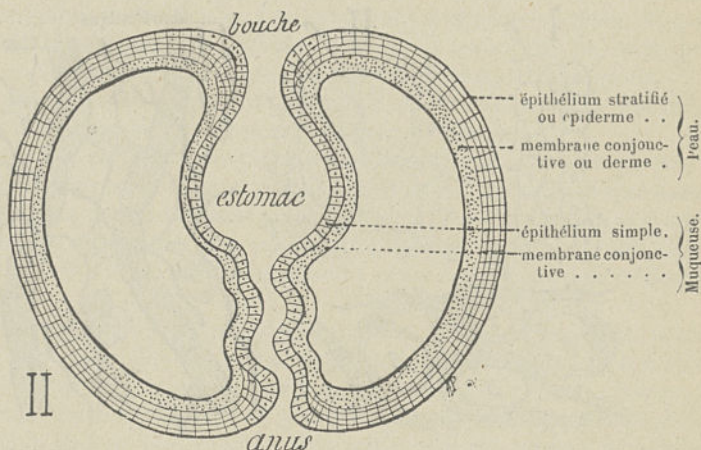


Fig. 21. — Schéma montrant les rapports de la peau et de la muqueuse digestive.

bouche, de l'œsophage et de tout le reste du tube digestif ; la muqueuse des cavités pulmonaires, etc.

La figure 21 montre clairement que les deux parties constituantes de la muqueuse du tube digestif, épithélium et membrane conjonctive, se continuent sans interruption par l'*épiderme* et le *derme* qui recouvrent le *corps*, à tel point qu'une *muqueuse* pourrait être appelée la *peau interne* ; mais la surface de l'épiderme devient dure et cornée au contact de l'air, tandis que la surface de la muqueuse reste molle parce qu'elle est constamment humectée par les liquides glandulaires ; les vaisseaux sanguins qui circulent dans sa profondeur lui donnent une teinte rosée.

On appelle *membranes séreuses* des membranes qui ont absolument la même structure que les muqueuses [épithélium doublé par une membrane conjonctive] ; mais elles forment des sacs complètement clos qui se moulent à la surface externe de certains organes tels que le cœur et les poumons, et les enveloppent comme d'une sorte de bonnet de coton ; dans cette position, les parois du sac forment juxtalement, en effet, deux feuillets adjacents dont l'interne est directement juxtaposé à la surface même de l'organe ; entre les deux, se trouve la cavité très réduite du sac, occupée par une

mince couche de liquide destinée à faciliter les mouvements de l'organe enveloppé.

La figure 207 représente la séreuse du cœur ou *péricarde*, que l'on peut prendre comme type de cette catégorie de membranes. La séreuse qui enveloppe chaque poumon porte le nom particulier de *plèvre* (fig. 245 et 255). Les différents organes de la cavité abdominale, foie, estomac et intestin, sont également entourés par une séreuse désignée sous le nom spécial de *péritoine* ou *mésentère* (fig. 177).

Voyons maintenant quelle est la *forme* et l'*agencement* des éléments qui constituent le tissu conjonctif. Pour bien s'en rendre compte, il est indispensable d'en suivre le mode de développement chez l'embryon (I à IV, fig. 22).

Là où il doit se former du tissu conjonctif, il n'y a au début que des cellules serrées les unes contre les autres et appartenant au mésoderme de

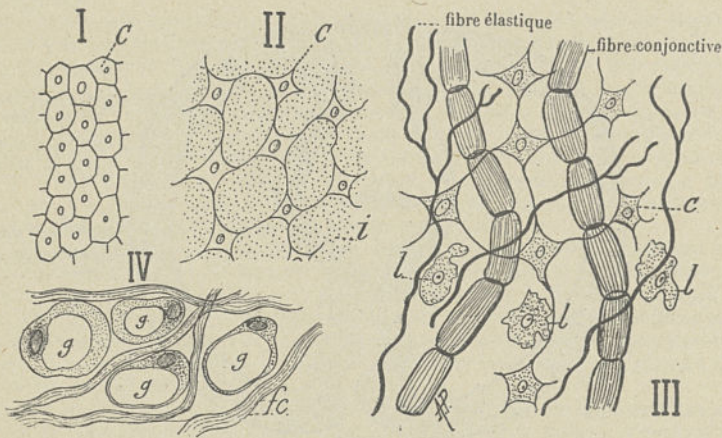


Fig. 22. — Développement du tissu conjonctif.

I, cellules mésodermiques *c*, serrées les unes contre les autres. — II, elles sont devenues étoilées et ont sécrété une substance interstitielle *i*. — III, la substance interstitielle a pris la forme de fibres élastiques et de fibres conjonctives; *l*, globules blancs ou leucocytes; *c*, cellules conjonctives étoilées. — IV, tissu graisseux; *g*, globule graisseux qui a rejeté le protoplasma et le noyau à la périphérie; *fc*, faisceau conjonctif.

l'embryon (I). Puis ces cellules *C* s'écartent peu à peu et prennent une forme étoilée, avec des prolongements en nombre variable par lesquels elles restent reliées les unes aux autres. Mais en même temps leur protoplasme élabore une substance albuminoïde particulière, *i*, qui s'échappe de leur intérieur et va occuper les intervalles qu'elles laissent entre elles; cette substance sécrétée est qualifiée pour cette raison de *matière interstitielle*. Ce terme est d'ailleurs appliqué, d'une manière générale, à toute substance engendrée par des cellules et qui va se condenser en dehors d'elles. Enfin, cette *matière interstitielle*, au lieu de rester *amorphe*, prend peu à peu la *forme de filaments* qui sont de deux sortes: les uns sont très fins, *élastiques*, ramifiés et ondulés; la potasse en solution à 40 p. 100 ne les détruit pas; on les appelle les *fibres élastiques*. On en trouve beaucoup dans les artères et les tendons, auxquels elles donnent une grande élasticité.

Une autre partie de la substance interstitielle prend la forme de filaments plus volumineux, étranglés de distance en distance et parcourus par des petites stries longitudinales; ils sont tout à fait comparables à des petits

écheveaux de fils microscopiques qui seraient liés de distance en distance ; on les appelle des *fibres conjonctives*. La potasse à 40 p. 100 les dissout.

Ces fibres élastiques ou conjonctives ne sont pas, comme on le voit, des cellules allongées, mais des produits engendrés par des cellules dont ils se sont échappés et qui, au lieu de rester amorphes, ont pris la forme de filaments.

Elles sont entremêlées irrégulièrement et s'étendent dans les intervalles que laissent les cellules conjonctives *c* reliées les unes aux autres par leurs prolongements ; le tout constitue un tissu très lâche, dont les mailles sont occupées par un reste de la substance interstitielle qui a conservé son état amorphe primitif.

Le tissu conjonctif se compose donc de trois sortes d'éléments : des *cellules conjonctives étoilées* et unies par leurs prolongements, des *fibres élastiques* et des *fibres conjonctives*. On y trouve cependant encore des cellules à prolongements amiboïdes *l* qui rampent dans ses mailles, et qui ne sont pas autre chose que des *globules blancs* ou *leucocytes* du sang qui ont émigré là, en traversant les parois des plus fins vaisseaux sanguins.

En dehors de ce tissu conjonctif ordinaire, il en existe deux variétés principales : le *tissu conjonctif fibreux* et le *tissu graisseux* :

1° Le *tissu conjonctif fibreux* est formé de fibres qui au lieu d'être enchevêtrées, sont disposées en faisceaux parallèles et sont plus serrées que dans le tissu ordinaire ; les cellules *y* sont aplaties et les *fibres élastiques y dominent* ; c'est lui qui constitue les tendons, les aponévroses et les ligaments, qui ont besoin à la fois d'une grande résistance et d'une certaine élasticité.

2° Le *tissu graisseux ou adipeux* (IV, fig. 22). C'est un tissu conjonctif dont les fibres sont associées en faisceaux *fc* et dont les cellules se remplissent de petites gouttelettes graisseuses *g* qui, en se fusionnant, arrivent à remplir toute la cavité cellulaire ; le protoplasme se réduit considérablement et ne forme plus qu'une couche très mince qui est rejetée à la périphérie en même temps que le noyau. Il arrive même qu'il disparaît complètement et que le globule graisseux envahit la totalité de la cellule ; celle-ci est alors un élément mort.

La graisse apparaît surtout dans le tissu conjonctif (derme) de la peau où il forme parfois une couche épaisse de *lard* ; il s'en forme également dans la séreuse du cœur et dans celle de l'intestin.

Lorsqu'un morceau de lard est soumis à l'action de la chaleur, les cellules éclatent pour laisser sortir leur graisse liquide, et il reste un déchet constitué par les parois cellulaires et par les fibres *fc* avec lesquelles elles étaient entremêlées.

Les différents autres tissus seront étudiés en même temps que les organes ou appareils qu'ils contribuent à former (*Tissu osseux*, p. 32 ; *tissu cartilagineux*, p. 30. *Tissu musculaire*, Ch II ; *Tissu nerveux*, Ch. I, liv. II).

FONCTIONS DE RELATION

DÉFINITION ET CLASSIFICATION. — Notre corps peut se mettre en relation avec le milieu extérieur par des organes spéciaux qui constituent le *système de relation*.

En premier lieu, il se déplace grâce à un *système locomoteur* formé de pièces squelettiques articulées ; mais ces pièces sont par elles-mêmes absolument inertes ; elles sont mises en mouvement et entraînées mécaniquement par des masses de chair rouge, les *muscles*, qui jouissent de la propriété spéciale de se contracter, c'est-à-dire de se raccourcir, et d'entraîner avec elles les pièces osseuses articulées aux extrémités desquelles elles sont fixées.

Cela fait déjà deux parties bien distinctes dans nos organes de relation : le *système squelettique* et le *système musculaire* ; leur ensemble constitue l'*appareil locomoteur*.

Mais d'autre part, les muscles ne se contractent et n'amènent le déplacement du squelette qu'autant qu'ils reçoivent une excitation particulière, la *volonté élaborée par le cerveau*.

En outre, nous possédons des organes spéciaux, les yeux, les oreilles, le nez, etc., qui sont impressionnables par certains agents externes, la lumière, les ondes sonores, les corps gazeux, etc. Les impressions sont transmises au cerveau qui nous en donne finalement la sensation. Ces organes qu'on appelle les *organes des sens* et qui nous mettent de la sorte en relation avec certains facteurs externes, sont sous la dépendance du cerveau d'une manière aussi intime que le système musculaire et le système squelettique : contractions musculaires, déplacement des os et fonctions de sensibilité ne s'exercent que par l'intervention du système nerveux.

Les fonctions de relation comprennent donc quatre grandes parties que nous devons étudier successivement : *système squelettique, système musculaire, système nerveux et organes des sens*.

LIVRE PREMIER

APPAREIL LOCOMOTEUR

CHAPITRE PREMIER

LE SQUELETTE

§ 1. **Conformation générale des os.** — Le squelette humain ne comprend pas moins de 208 pièces osseuses, toutes situées plus ou moins profondément dans les chairs et destinées à servir de support aux parties molles de l'organisme. On les divise en trois catégories d'après leur forme :

1° Les *os longs* tels que ceux du bras, de la jambe, de la cuisse, etc. ; leurs extrémités sont renflées et s'appellent les *épiphyes* (*epiphysis*, excroissance) ; la région intermédiaire ou corps de l'os est plus amincie et s'appelle la *diaphyse* (*diaphysis*, intervalle) (fig. 23) ;

2° Les *os plats*, tels que ceux du crâne ;

3° Les *os courts*, qui ont leurs trois dimensions à peu près égales, tels que ceux du poignet ou du cou-de-pied (fig. 46).

La surface de ces os n'est pas toujours régulière et présente souvent des saillies ou des prolongements que l'on désigne sous le nom général d'*apophyse* (*apophysis*, excroissance).

DIFFÉRENTES PARTIES DES OS. — Si on examine un os long fendu dans le sens de sa longueur, tel que le tibia de la jambe, on y distingue quatre parties différentes (fig. 23) :

1° Au centre du corps de l'os ou *diaphyse* se trouve une cavité occupée par la *moelle* ; celle-ci est une substance molle, composée d'un réticulum de fibres conjonctives dont les mailles sont remplies par différentes catégories de cellules dont certaines sont envahies par de la graisse et donnent à la moelle des adultes une teinte jaune ; elle renferme également des vaisseaux sanguins et des nerfs. La moelle change d'aspect avec l'âge. Chez les jeunes sujets elle est *rouge* parce qu'elle est très riche en vaisseaux sanguins, très pauvre en matières grasses et qu'elle est le siège d'une abondante production de globules rouges du sang. Chez l'adulte, elle est *jaune* à cause de sa graisse ; elle est moins riche en vaisseaux sanguins. Enfin, chez les vieillards elle est *grise* ; c'est aussi sa couleur ordinaire dans les os du crâne.

2° Le corps de l'os est formé d'une substance osseuse très dure, très fine et d'un blanc mat. Au contraire, dans les têtes ou *épiphyes* la matière osseuse n'est pas compacte ; elle est formée de petites lamelles disposées en réseau que l'on qualifie, à cause de leur aspect, de tissu *spongieux* ; leurs mailles sont remplies par une *moelle rouge* dépourvue de graisse et dans laquelle se forment de nombreux *globules rouges* du sang.

3° La diaphyse ou corps de l'os est recouverte par une mince membrane conjonctive de 2 millimètres d'épaisseur, le *périoste* (*peri*, autour ; *osteon*, os), qui lui est intimement adhérente grâce à des fibres particulières ou fibres de Sharpey, qui partent de la face interne de cette membrane et s'enfoncent obliquement dans la matière osseuse. Le périoste a deux rôles principaux : il assure la *nutrition de l'os* par les nombreux vaisseaux sanguins qu'il lui envoie et forme lui-même de la nouvelle matière osseuse à sa face interne.

4° Enfin, les épiphyses sont recouvertes d'une couche de *cartilage* qui forme comme une sorte d'enduit nacré, à surface très lisse et constamment humectée, dont le rôle est de faciliter les mouvements de l'os.

Le *cartilage* est un tissu de consistance plus faible que celle de l'os et se coupe facilement au couteau ; certains poissons tels que les squales possèdent un squelette uniquement cartilagineux. Ce tissu est formé de cellules arrondies ou ovales qui ont sécrété une matière interstitielle amorphe et homogène, comparable à de la gélatine durcie, au sein de laquelle elles restent emprisonnées, isolément ou par petits groupes (I, fig. 26). Les cavités dans lesquelles elles sont enfermées s'appellent les *capsules*.

La substance interstitielle est une matière albuminoïde accompagnée d'une très petite quantité de sels minéraux (3 p. 100) ; une ébullition prolongée la transforme peu à peu en une espèce de gelée appelée la *chondrine* (*chondros*, cartilage).

Les *os plats* se composent de deux lames de tissu osseux, dur et compact, entre lesquelles se trouve une petite épaisseur de tissu spongieux analogue à celui des épiphyses des os longs et rempli comme ces dernières de moelle rouge (fig. 23).

Les *os courts* sont formés d'une masse centrale de tissu spongieux, recouverte de toutes parts par une couche de tissu compact.

§ 2. **Éléments de la moelle.** — Le réticulum de fibres conjonctives qui forme la trame de la moelle a ses mailles remplies de nombreuses cellules de différentes formes et qui paraissent toutes provenir des cellules conjonctives de la moelle embryonnaire. Ce sont :

1° Des *cellules adipeuses*, simples cellules conjonctives qui sont remplies de graisse surtout dans la moelle jaune ;

2° Des *lymphocytes*, cellules sphériques de 5 à 8 μ , sorte de petits globules blancs à protoplasme homogène. En grandissant, ces lymphocytes se transforment d'abord en d'autres éléments appelés des *myélocytes* à protoplasme homogène, puis en *myélocytes à protoplasma granuleux* dont le protoplasme est chargé de granulations albuminoïdes

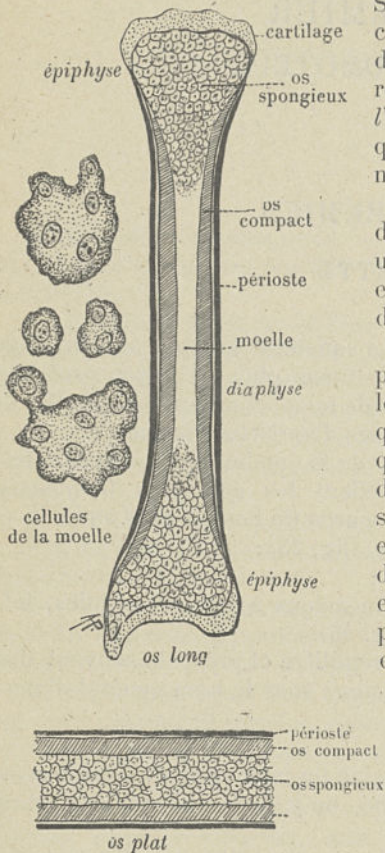


Fig. 23.

1^{re} figure : coupe longitudinale d'un os long.
— 2^e figure : tranche d'un os plat. — A gauche, cellules de la moelle (myéloplaxes).

et mesurent 20 à 25 μ ; elles sont encore connues sous le nom de *médullocelles* (ROBIN). Ces myélocytes forment des prolongements amiboïdes, se déplacent, absorbent les particules solides qui sont à leur portée et ne sont en somme que des variétés de *globules blancs* ou *leucocytes* du sang :

3° Les *myéloplaxes*, grands éléments atteignant 100 μ et renfermant de nombreux noyaux (5 à 40) ; ils ne sont pas mobiles ; ils dérivent probablement de myélocytes dont les noyaux bourgeonnent (cellules bourgeonnantes) et se séparent les uns des autres. Ces myéloplaxes détruisent la face interne de l'os en contact avec la moelle (voir § 7, *Accroissement de l'os*) ;

4° Enfin les *cellules rouges* ou *érythroblastes* avec un gros noyau et un protoplasma imprégné d'hémoglobine, matière colorante des globules du sang. Elles proviennent probablement elles aussi de lymphocytes, et on s'accorde aujourd'hui à les regarder comme les éléments producteurs des globules rouges du sang ; leur noyau se fragmente ou se détruit par des processus encore peu connus et les érythroblastes deviennent les globules rouges anucléés du sang.

Au total la moelle est regardée comme un reste de tissu conjonctif embryonnaire dont les cellules se transforment surtout pour engendrer les globules sanguins.

§ 3. Composition chimique de l'os. — La matière osseuse se compose de deux parties :

1° une matière albuminoïde, l'*osséine*, qui y existe dans la proportion de 1/3 ; elle se dissout dans l'eau quand on soumet un os à l'ébullition et donne de la *gélatine*, accompagnée d'une très petite proportion de graisse ;

2° Une *matière calcaire* qui imprègne entièrement l'osséine et qui existe dans la proportion de 2/3. Elle comprend surtout du phosphate tribasique de calcium (85 p. 100), du carbonate de calcium (9 p. 100), du fluorure de calcium (4 p. 100) et du phosphate de magnésium (2 p. 100). Ce sont les mêmes sels que dans l'ivoire et dans l'émail des dents, mais avec des proportions et une structure tout à fait différentes.

Ils donnent aux os leur dureté et sont absolument indispensables pour l'édification du squelette : nous les absorbons en même temps que les aliments ou les boissons, qui en renferment naturellement une plus ou moins grande quantité ; on en donne des solutions aux jeunes enfants trop faibles, en particulier à ceux qui n'ont pas été élevés au régime lacté et se sont trouvés privés des sels minéraux que le lait renferme en grande proportion (20 grammes par litre).

Au Muséum, on a nourri des jeunes pigeons avec des aliments privés de tout sel calcaire : leur squelette a continué de grandir, mais il est resté mou et s'est déformé ; les pattes étaient incapables de supporter le corps.

D'après ce qui précède, si on calcine des os, la matière organique, c'est-à-dire les cellules et l'osséine, est détruite et il ne reste que le calcaire blanc et cassant, que l'on utilise pour la préparation du phosphore à cause de sa richesse en phosphate.

Inversement, si on laisse macérer pendant quelques jours un os dans une solution d'acide chlorhydrique, le calcaire se dissout et il ne reste que l'osséine. Mais celle-ci ne se déforme pas et conserve la forme primitive de l'os, qui est ainsi devenu mou et flexible. Mise ensuite à bouillir avec de l'eau, l'osséine se dissout bien plus facilement que quand l'os est entier ; c'est ainsi que dans l'industrie on prépare la *gélatine* ou *colle d'os*.

§ 4. Structuré du tissu osseux. — La substance osseuse, malgré son aspect minéral,

renferme cependant une matière parfaitement vivante qui se nourrit et reçoit des nerfs comme n'importe quelle partie molle de l'organisme. Elle est en effet creusée d'une quantité considérable de petits tubes microscopiques, les *canaux de Havers* (0^m_m.2 de diamètre), qui, dans les os longs, cheminent parallèlement les uns aux autres d'une épiphyse à l'autre et sont réunis par des anastomoses transversales. Certains s'ouvrent à la face externe, sous le périoste. Tous ces canaux sont parcourus par de très fins vaisseaux sanguins, accompagnés de filets nerveux qui leur arrivent directement du périoste ; d'autres vaisseaux plus importants pénètrent dans les épiphyses et dans la moelle par de nombreux orifices situés sur les têtes des os longs et envoient également des ramifi-

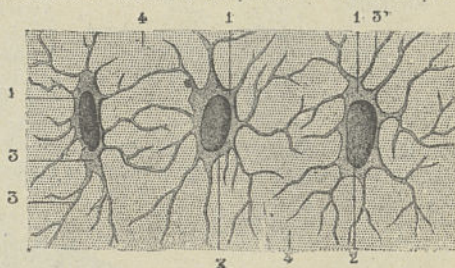


Fig. 24. — (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1. Ostéoblastes avec leurs canalicules (3).

cations dans les canaux de Havers (4, fig. 25 bis); ceux-ci assurent ainsi d'une façon parfaite la nutrition et la sensibilité de la matière osseuse.

En outre quand on examine cette dernière au microscope, on y trouve un très grand

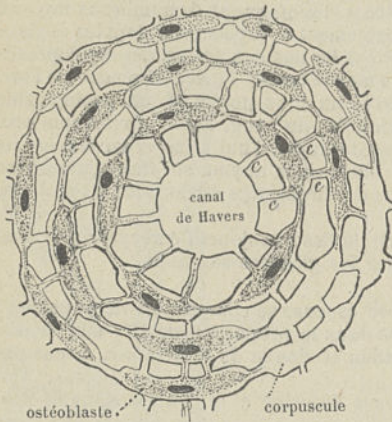


Fig. 25. — Canal de Havers grossi, entouré d'ostéoblastes (coupe transversale).

c, c', canalicules osseux. — A droite, plusieurs corpuscules vides.

nombre de *cellules étoilées* qui ont la propriété de sécréter l'*osséine* et les *sels calcaires* dont nous avons parlé précédemment, d'où le nom d'*ostéoblastes* qui leur est donné (*osteon*, os; *blastos*, bourgeon); l'*osséine* et les *sels calcaires* forment de leur côté ce qu'on appelle la *substance interstitielle* parce qu'ils occupent tous les intervalles quelaissent les cellules. Ces deux parties fondamentales du tissu osseux, *ostéoblastes* et *substance interstitielle*, présentent une disposition particulière (fig. 25 et 25 bis).

En premier lieu, la matière interstitielle affecte la forme de petites lamelles serrées les unes contre les autres et disposées en couches concentriques autour de chaque canal de Havers. D'autres forment des couches concentriques de plus grand diamètre situées tout à fait à la périphérie, sous le périoste, et entourent l'ensemble des canaux de Havers; des couches semblables plus petites se trouvent à l'intérieur de l'os, au voisinage de la moelle.

En second lieu, ces lamelles osseuses sont creusées de petites cavités irrégulières appelées improprement les *corpuscules osseux* ou encore les *ostéoplastes* (*ostéon*, os; *plastos*, formé, façonné), qui sont réparties également en assises concentriques autour des

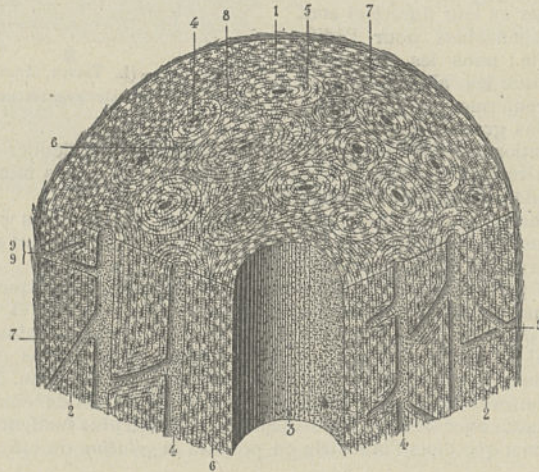


Fig. 25 bis. — Coupe transversale et coupe longitudinale de la diaphyse d'un os long, pour montrer le mode de groupement des lamelles osseuses (schématique, d'après L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, coupe transversale. — 2, 2, coupes longitudinales. — 3, canal médullaire. — 4, 4, canaux de Havers. — 5, système de Havers. — 6, système fondamental interne. — 7, système fondamental externe. — 8, 8, systèmes intermédiaires. — 9, 9, deux canaux transversaux.

canaux de Havers (fig. 25); elles communiquent toutes les unes avec les autres par des sortes de fissures très étroites *c* creusées dans la substance interstitielle et qu'on désigne sous le nom de *canalicules osseux*; beaucoup de ceux-ci s'ouvrent dans les canaux de Havers, permettant ainsi au plasma sanguin qui circule dans ces derniers de se répandre dans tous les corpuscules et d'imprégner pour ainsi dire toute la masse de l'os.

Enfin, dans chaque corpuscule se trouve une cellule osseuse ou *ostéoblaste* caractérisée par l'absence de membrane et par de nombreux prolongements protoplasmiques qui pénètrent dans les canalicules osseux et se reliait à ceux des cellules voisines. Grâce à cette disposition, les *ostéoblaste* reçoivent constamment des éléments nutritifs par l'intermédiaire des canaux de Havers et des canalicules, ce qui leur permet ainsi de sécréter la substance interstitielle calcaire qui les entoure et qui donne aux os leur dureté particulière (fig. 24 et 25).

Les épiphyses des os longs ainsi que l'intérieur des os plats et des os courts sont formés, comme nous l'avons vu, d'un tissu osseux spongieux; cette structure provient de ce que les lamelles osseuses ne sont pas serrées les unes contre les autres comme dans l'os compact; elles sont plus grandes et anastomosées en un réseau dont les mailles, parfois de grandes dimensions, sont remplies par la moelle rouge.

Les côtes, bien qu'étant des os longs, sont dépourvues de cavité centrale à moelle et sont remplies par une substance spongieuse à moelle rouge.

§ 5. Développement des os. — Tous les os, sauf ceux de la voûte de la

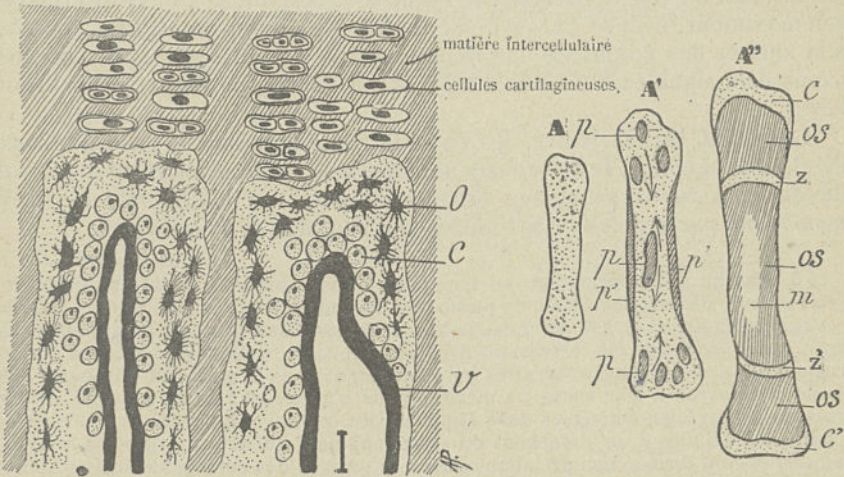


Fig. 26. — Marche de l'ossification.

I. Les vaisseaux sanguins *v* laissent détacher de leur surface des cellules *c* qui deviennent des ostéoblastes *o*. — II. En *A*, l'os est cartilagineux; en *A'* les centres d'ossification *p* ont apparu; *p'*, périoste; en *A''* l'ossification est plus complète; il reste les deux zones cartilagineuses d'accroissement *z* et *z'*, ainsi que le cartilage des épiphyses *c* et *c'*. — *m*, région centrale où le cartilage est remplacé par la moelle.

tête, les côtes et les clavicules, passent par trois états successifs dans le cours de leur évolution : état muqueux, cartilagineux et osseux.

1° Au début ils ne sont constitués que par des cellules mésodermiques qui évoluent en une petite masse de tissu conjonctif. C'est l'état muqueux.

2° Ce tissu conjonctif se transforme peu à peu en cartilage et le futur os acquiert ainsi une plus grande dureté avec sa forme générale, mais avec des dimensions beaucoup plus réduites (*A*, fig. 26).

3° Enfin dans la suite le cartilage se détruit progressivement et est remplacé au fur et à mesure par de la véritable matière osseuse (*A'* et *A''*, fig. 26). Cette dernière n'apparaît pas simultanément dans toute l'étendue de l'os. Dans un os long, tel que le fémur de la cuisse, la substance osseuse se montre tout d'abord sur trois ou quatre points isolés *p* dans chaque épiphyse et en un point *p* au centre de la diaphyse, où elle forme comme des sortes de nodules que l'on appelle les centres d'ossification (*A'*, fig. 26). Ces centres

s'étendent progressivement en laissant rayonner la matière osseuse autour d'eux et finissent par se rejoindre tous : l'ossification est dès lors complète.

Mais quand ce résultat est atteint, l'os est loin d'avoir ses dimensions définitives ; il continue de s'allonger jusqu'à l'âge adulte. A cet effet, il persiste à chaque extrémité de la diaphyse une petite zone cartilagineuse ou *zone d'accroissement Z et Z'* (A'', fig. 26), qui continue à se multiplier encore pendant de longues années et dont les cellules sont remplacées au fur et à mesure par de la substance osseuse ; de telle sorte que l'os continue à s'allonger, non pas par toute son étendue, mais seulement par les deux extrémités de la diaphyse qui repoussent ainsi progressivement les deux épiphyses.

A un certain âge, les deux zones d'accroissement cessent de croître et sont remplacées totalement par de la matière osseuse : une fois ce résultat atteint, l'allongement de l'os est terminé et la taille se trouve avoir atteint son maximum ; cela se passe de dix-huit à vingt-cinq ans. Il reste toutefois à la surface des épiphyses une mince couche de cartilage *c, c'*, que nous avons déjà signalée dans l'os adulte et qui facilite les mouvements articulaires.

Les côtes, les clavicules, les os de la voûte du crâne ne passent pas par l'état cartilagineux ; le tissu conjonctif qui les constitue au début est envahi directement par la substance osseuse calcaire ; on les appelle des *os de membrane* par opposition aux autres, qui sont des *os de cartilage*.

§ 6. *Marche de l'ossification.* — Lorsqu'un os va passer de l'état cartilagineux à l'état osseux, des sels minéraux, en particulier du phosphate de chaux, se déposent dans le tissu cartilagineux et y forment des petites colonnes plus dures que le reste. Des capillaires sanguins *v* (fig. 26), entraînant avec eux du tissu conjonctif, pénètrent progressivement entre ces colonnes calcaires en s'immiscuant dans la masse du cartilage, qui se résorbe et disparaît à leur contact à mesure qu'ils s'avancent ; ils se creusent ainsi des sortes de petites loges allongées dans l'intérieur du cartilage (I, fig. 26).

Puis des cellules *c* se détachent du tissu conjonctif qui accompagne les capillaires sanguins et vont former une première assise à la surface des colonnes calcaires : d'abord serrées les unes contre les autres, ces cellules ne tardent pas à produire une substance interstitielle composée essentiellement d'oséine qui les englobe et les force à se séparer les unes des autres, tout en les laissant reliées par des fins prolongements protoplasmiques. Ces cellules deviennent de la sorte les *ostéoblastes* (*o*, fig. 26) que nous avons décrits dans l'os adulte.

Cette première assise d'ostéoblastes engendre ainsi une première couche osseuse à la face interne de la petite loge occupée par le vaisseau capillaire ; d'autres cellules se détachent du tissu conjonctif et engendrent une nouvelle assise osseuse en dedans de la précédente et ainsi de suite, jusqu'à ce que la petite loge soit complètement comblée et qu'il ne reste plus à son centre que le vaisseau capillaire, qui devient ainsi un canal de Havers.

Dans la partie centrale de l'os, la destruction du cartilage n'est pas suivie de la formation de matière osseuse ; il y reste une cavité *m* (A', fig. 25), occupée par les vaisseaux sanguins et les cellules conjonctives qui les accompagnent ; beaucoup de celles-ci se remplissent de graisse et c'est ainsi que se trouve constituée la moelle.

On admet aujourd'hui que le cartilage disparaît dans le cours de l'ossification parce qu'il est rongé, dissous et absorbé par les ostéoblastes eux-mêmes, qui sont par suite qualifiés de *cellules mangeuses* ou *phagocytes*.

Dans les os de membrane, ce sont encore les cellules du tissu conjonctif dont est formé l'os muqueux qui évoluent en ostéoblastes et le processus du développement de l'os est identique au précédent, avec cette seule différence que le cartilage n'existant pas au moment où apparaît l'ossification, il ne peut pas y en avoir de résorbé.

§ 7. *Accroissement de l'os en épaisseur.* — Si la croissance de l'os en

longueur est limitée et prend fin à l'âge adulte, il n'en est pas de même de son accroissement en épaisseur. Pendant presque toute la vie, l'os s'épaissit à sa face externe par l'adjonction de nouvelles couches osseuses qui se forment sous le périoste, tandis que les plus anciennes, situées au contact de la moelle, se détruisent et disparaissent régulièrement. C'est le périoste qui est l'agent actif de la formation continue de la nouvelle matière osseuse.

Les premières observations à ce sujet sont dues à un chirurgien anglais (1740) qui constata que les os d'un porc, nourri chez un teinturier, étaient rouges. Il obtint cette coloration à volonté en mélangeant de la garance aux aliments des animaux sur lesquels il expérimentait.

Vers la même époque (1741), Duhamel, en France, répéta les mêmes observations et varia les expériences : il ne mélangeait la garance aux aliments que par intervalles et obtenait ainsi des couches osseuses alternativement claires et rouges, la dernière formée se trouvant toujours au contact du périoste.

L'os est donc constamment en voie d'épaississement.

Ce processus est essentiellement dû au périoste qui engendre à sa face interne de nouvelles cellules conjonctives douées de la propriété de sécréter de la matière osseuse et qui deviennent ainsi des ostéoblastes. Il jouit de cette faculté tant qu'il reste vivant et quel que soit son emplacement ; un fragment de périoste pris sur un tibia de lapin et greffé sous la peau de la tête y forma un petit os de 4 centimètres.

Cette propriété particulière du périoste explique la guérison des fractures osseuses ; la nouvelle matière osseuse qui se forme peu à peu sous la membrane périostique consolide progressivement la fracture ; cette consolidation n'est plus possible quand le périoste est détruit.

On a même procédé quelquefois avec succès à une véritable greffe osseuse en transplantant sur des os brisés des lambeaux de périoste pris sur un autre animal ; ces lambeaux engendrèrent un nouvel os continu, tandis que les fragments de l'ancien se résorbèrent.

Toutefois le périoste devient dur et fibreux avec l'âge ; il perd la faculté d'engendrer des ostéoblastes et il ne se forme plus de nouvelle matière osseuse à sa face interne ; c'est ce qui explique que les fractures guérissent toujours difficilement chez les vieillards.

Une seconde particularité de l'évolution de l'os consiste, avons-nous dit, dans sa destruction continue au contact de la moelle. Duhamel le démontra le premier en introduisant sous le périoste de la cuisse d'un pigeon un fil d'argent dont il entourait la diaphyse ; quelque temps plus tard l'anneau métallique se trouvait dans la moelle ; la couche osseuse située primitivement dedans de l'anneau s'était donc détruite et il s'en était formé une autre à sa face externe. Cette destruction est due à des cellules particulières de la moelle, les *myéloplaxes*, qui attaquent et détruisent la matière osseuse ; elles se comportent en cellules carnassières et sont qualifiées pour cela de *phagocytes* (fig. 23).

DESCRIPTION DU SQUELETTE

On divise le squelette en trois grandes régions : le squelette du tronc, celui de la tête et celui des membres.

§ 1. Squelette du tronc. — Le squelette du tronc se compose lui-même de trois parties : la colonne vertébrale, les côtes et le sternum.

1° COLONNE VERTÉBRALE. — La colonne vertébrale ou rachis est une tige osseuse de 75 centimètres de longueur environ, qui s'étend depuis la base de la tête jusqu'à la naissance des jambes. Elle est formée de 33 pièces osseuses ou vertèbres empilées les unes sur les autres et entre lesquelles

sont intercalés des petits disques élastiques qui lui permettent de se fléchir légèrement en avant ou en arrière, la rendant ainsi moins sujette aux cassures (fig. 27).

Les 33 vertèbres se répartissent en cinq groupes d'après l'emplacement qu'elles occupent (fig. 27) : 7 *cervicales*, dans la ré-

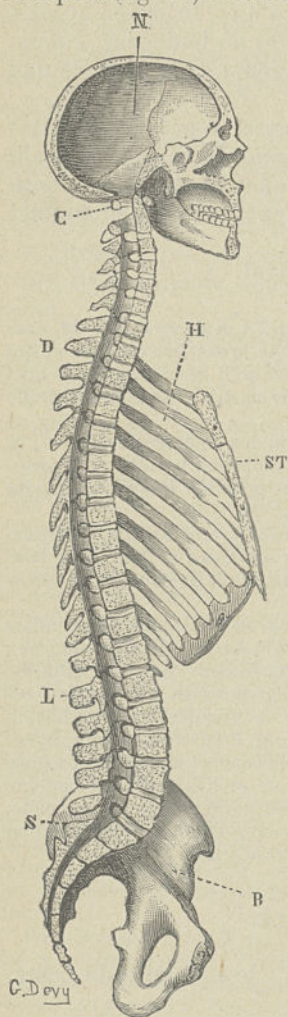


Fig. 27. — La colonne vertébrale vue latéralement.

Vertèbres cervicales C à D; vertèbres dorsales D à L; vertèbres lombaires de L à S; S, vertèbres sacrées.

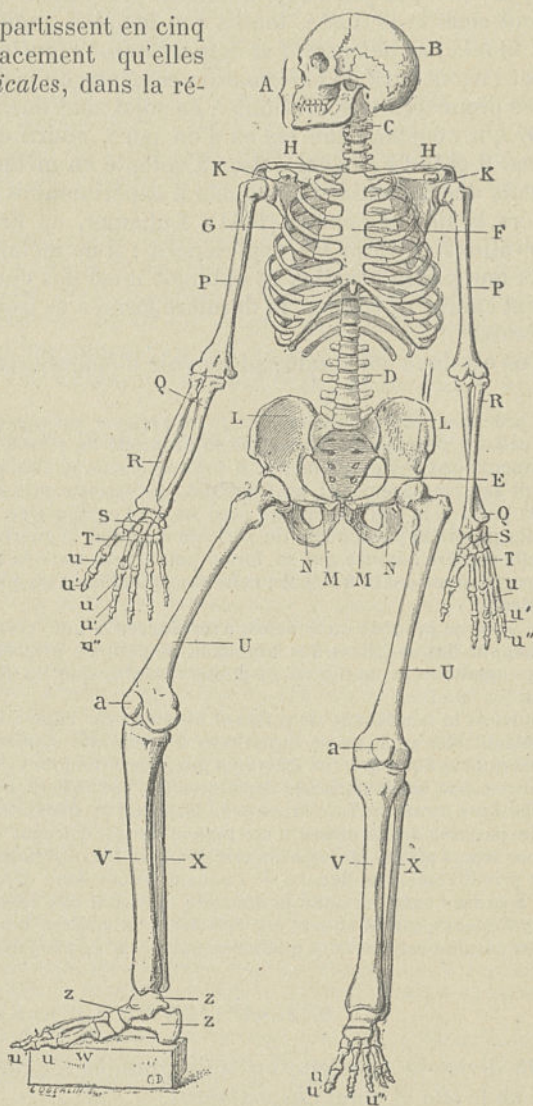


Fig. 28. — Ensemble du squelette.

L'élève s'exercera à trouver le nom de chaque os après avoir achevé l'étude du chapitre du squelette.

gion du cou; 12 *dorsales*; 5 *lombaires* dans la région des reins (*lumbi*, les reins); 5 vertèbres *sacrées* intimement soudées et formant un os unique, le *sacrum*; et enfin 4 vertèbres *coccygiennes* qui sont très rudimentaires et

sont soudées en un tout petit os triangulaire, le *coccyx*, qui termine la colonne vertébrale (fig. 32).

Forme des vertèbres. — La forme des vertèbres change selon la région où on les considère.

I. — Les *vertèbres dorsales* sont les plus complètes et chacune se compose de trois parties distinctes (fig. 30).

1° Une partie antérieure, pleine, en forme de disque cylindrique, qu'on appelle le *corps vertébral* (1) ;

2° En arrière, un arc osseux, horizontal, appelé l'*arc neural* ou encore l'*anneau vertébral* (7) limitant une ouverture à peu près circulaire (2), le *trou vertébral*. L'ensemble des trous vertébraux forme depuis la base de la tête jusqu'à l'extrémité du sacrum un canal continu, le *canal rachidien*, dans lequel est logée la moelle épinière ;

3° L'anneau vertébral porte latéralement deux saillies osseuses symétriques appelées les *apophyses transverses* (4 et 4') ; en arrière, il en porte une troisième, impaire (3), située dans le plan de symétrie de la colonne ver-

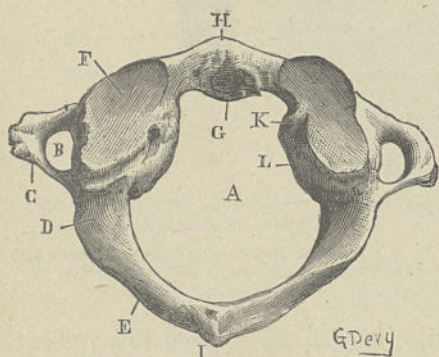


Fig. 29. — Atlas, 1^{re} vertèbre cervicale.

A, trou rachidien ; B, canal vertébral ; C, apophyse transverse rudimentaire ; F, facette d'articulation avec l'un des condyles de la tête ; G, facette articulaire avec l'apophyse odontoïde de l'axis ; H, corps rudimentaire de la vertèbre ; I, son apophyse épineuse.

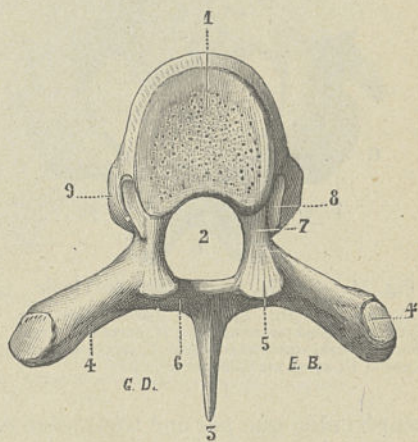


Fig. 30. — Vertèbre dorsale.

(L. TESTUT. *Anatomie humaine*.)

1, corps de la vertèbre ; 2, trou vertébral ; 3, apophyse épineuse ; 4, 4', apophyses transverses ; 5, l'une des deux facettes articulaires supérieures ; 6, l'autre ; 7, anneau vertébral ; 8, facette d'articulation de la côte ; 9, saillie déterminée par la facette d'articulation inférieure de la côte.

tébrale et qui s'appelle l'*apophyse épineuse*. L'ensemble des apophyses épineuses forme le long de la colonne vertébrale cette sorte de crête osseuse qu'on appelle l'*épine dorsale*.

Deux vertèbres consécutives reposent l'une sur l'autre d'abord par leurs corps vertébraux entre lesquels est intercalé un petit coussinet, le *disque intervertébral*, formé de tissu conjonctif élastique qui, comme nous l'avons déjà dit, permet une certaine flexibilité à la colonne vertébrale.

Elles s'appuient encore l'une sur l'autre par leurs anneaux vertébraux qui se touchent non pas par toute leur étendue, mais seulement en deux points (5) situés à la base des apophyses transverses, tout près du corps vertébral ; ces deux points sont ce qu'on appelle les *facettes articulaires*. Chaque ver-

tère en possède quatre : deux sur la face supérieure, où elles sont en contact avec la vertèbre qui précède, et deux à la face inférieure, reposant sur la vertèbre qui suit.

Ajoutons que deux vertèbres successives laissent à droite et à gauche, entre leurs anneaux vertébraux, un orifice appelé le *trou de conjugaison* par lequel passe un nerf rachidien envoyé par la moelle épinière.

II. — La *première vertèbre cervicale* s'appelle l'*atlas* parce qu'elle supporte la tête¹ (fig. 29). Elle a une forme presque circulaire parce que son corps vertébral H est à peine développé et que l'apophyse épineuse I n'est

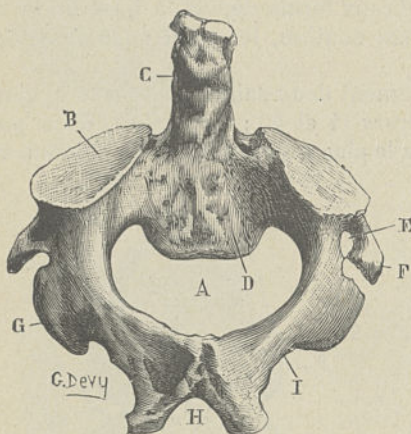


Fig. 31. — Axis, 2^e vertèbre cervicale.

A, trou rachidien; B, facette d'articulation avec l'atlas; C, apophyse odontoïde; D, corps de la vertèbre; E, canal vertébral échanuré; F, apophyse transverse et H, apophyse épineuse bifurquée.

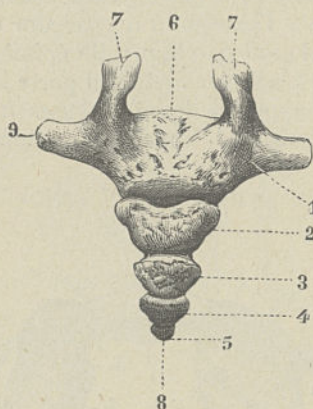


Fig. 32. — Coccyx, face postérieure.

(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1 à 5, différentes pièces du coccyx; 6, facette articulaire pour le sacrum; 7, cornes du coccyx.

représentée que par une très légère saillie; les deux apophyses transverses C sont également beaucoup moins longues que celles des vertèbres dorsales et sont percées chacune d'un trou qui livre passage à une artère. Enfin ses deux *facettes articulaires supérieures* (F et K) sont ovales et légèrement creusées pour recevoir deux petits renflements ou condyles que porte la tête à sa partie inférieure, et par lesquels celle-ci se fixe ainsi sur la colonne vertébrale.

La *seconde vertèbre cervicale* s'appelle l'*axis* (*axis*, axe, pivot) (fig. 31); son corps vertébral se prolonge en une saillie verticale très accusée C, l'*apophyse odontoïde* (*odontos*, dent), qui pénètre dans le trou de l'atlas et bute contre la paroi antérieure de cette dernière (en G, fig. 29) pour lui assurer une plus grande solidité. Quand la tête s'incline en avant ou en arrière, le cou étant immobile, le crâne se déplace sur les deux faces articulaires de l'atlas qui reste fixe. Au contraire quand la tête tourne à droite ou à gauche, elle entraîne avec elle l'atlas qui tourne lui-même autour de l'apophyse odontoïde de l'axis.

Les vertèbres cervicales qui suivent l'atlas et l'axis possèdent un corps vertébral qui

¹ Par comparaison avec le géant Atlas qui soutenait le ciel sur ses épaules.

croît progressivement jusqu'à la dernière; les apophyses épineuses suivent la même progression et sont bifurquées à leur extrémité. Mais les apophyses transverses ne sont partout guère plus grandes que celles de l'atlas : les trous dont elles sont percées forment en se superposant un petit canal, le *canal vertébral* (B. fig. 29) dans lequel passe l'*artère vertébrale* qui se détache de l'*artère sous-clavière* (artère du bras) et remonte dans la tête. Chacune de ces apophyses est également bifurquée à son extrémité et sa pointe antérieure est regardée comme un *rudiment de côte* (II, fig. 34).

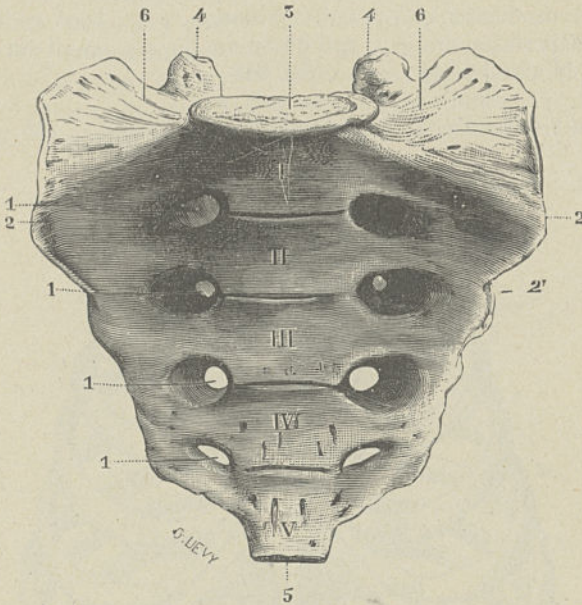


Fig. 33. — Sacrum, face antérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

I à V, vertèbres sacrées; 1, 1', trous sacrés antérieurs; 2, 2', facette articulaire du sommet du sacrum
3, 5, facette articulaire pour le coccyx.

Chez les Poissons, la colonne vertébrale est intimement soudée à la base de la tête, qui se trouve ainsi dans l'impossibilité d'exécuter aucun mouvement indépendant du reste du corps. Chez les Batraciens, la tête est articulée par deux condyles comme chez l'Homme et les Mammifères; chez les Reptiles et les Oiseaux il n'y a qu'un seul condyle.

III. Les *vertèbres lombaires* sont beaucoup plus volumineuses que les vertèbres dorsales (III, fig. 34). Elles sont caractérisées par la grosseur de leur corps vertébral, la forme triangulaire de leur trou et la direction horizontale de leur apophyse épineuse. De plus, leurs apophyses transverses ne sont constituées que par de simples saillies arrondies, en avant de chacune desquelles se trouve un prolongement beaucoup plus accentué *qui est regardé comme une côte rudimentaire* (III, fig. 34).

IV. — Les *cinq vertèbres sacrées*, bien qu'intimement soudées en un seul os, le *sacrum*, possèdent encore leur canal central par où passe la moelle, ainsi que leurs trous de conjugaison par lesquels s'échappe une touffe de nerfs ou *queue de cheval*. Les traces des soudures sont d'ailleurs très nettes et permettent de reconnaître les cinq vertèbres (fig. 33).

Le sacrum (E, fig. 27 et fig. 33) est une pièce osseuse très solide, de forme

pyramidale et 2 fois plus large à sa base que le reste de la colonne vertébrale ; si cette dernière s'est ainsi considérablement agrandie à son extrémité inférieure, c'est tout simplement pour constituer une base suffisamment large par laquelle puisse se fixer solidement le bassin, qui lui-même supporte les membres inférieurs.

V. — Quant aux *vertèbres coccygiennes*, elles sont encore beaucoup plus profondément modifiées que les précédentes ; elles sont réduites à leurs corps tout à fait rudimentaires, qui en se soudant forment un tout petit os triangulaire plein appelé le *coccyx* (fig. 32).

2° STERNUM. — Le sternum, seconde partie du tronc, est un os impair

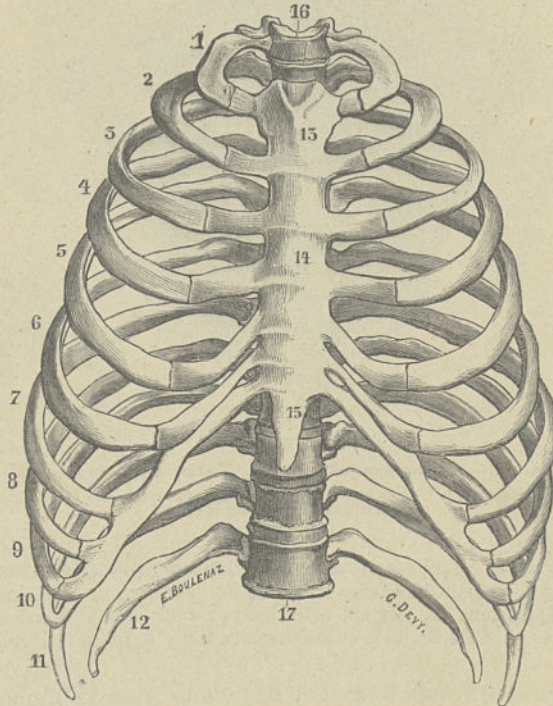


Fig. 33. — Thorax et côtes. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)
De 1 à 12, côtes ; 13, fourchette ; 14, sternum ; 15, appendice xiphoïde.

situé en avant sur la ligne médiane de la poitrine et qui se termine inférieurement par une pointe, l'*appendice xiphoïde* (*xiphos*, épée), qui reste longtemps cartilagineuse (13 à 15, fig. 33).

Son extrémité supérieure est au contraire plus large et porte à son centre une échancrure, la *fourchette*, de chaque côté de laquelle vient s'articuler une clavicule. Sa face antérieure porte quatre raies transversales à peu près équidistantes, qui indiquent que cet os est en réalité formé de cinq segments successifs.

3° CÔTES. — Les côtes, troisième partie du tronc, sont des os de mem-

brane plats, au nombre de 12 paires, qui s'articulent en arrière sur les flancs des 12 vertèbres dorsales et qui se recourbent ensuite pour venir se terminer en avant, au sternum ; elles limitent ainsi une sorte de cage, la cavité ou cage thoracique, dans laquelle les poumons et le cœur sont abrités. Elles se subdivisent ainsi (fig. 33 et 34) :

1° Sept paires de *vraies côtes* qui s'attachent séparément au sternum par l'intermédiaire d'un cartilage spécial (1 à 7) ; — 2° trois paires de *fausses côtes* (8, 9, 10) un peu moins longues que les précédentes, se terminant antérieurement de chaque côté par trois cartilages qui se soudent ensuite en un seul, lequel va finalement s'attacher à son tour à celui de la septième vraie côte ; — 3° deux paires de *côtes flottantes* beaucoup plus courtes encore que les précédentes et qui n'arrivent pas à rejoindre le sternum (11 et 12).

Ajoutons que chaque côte touche la vertèbre dorsale correspondante seulement en deux

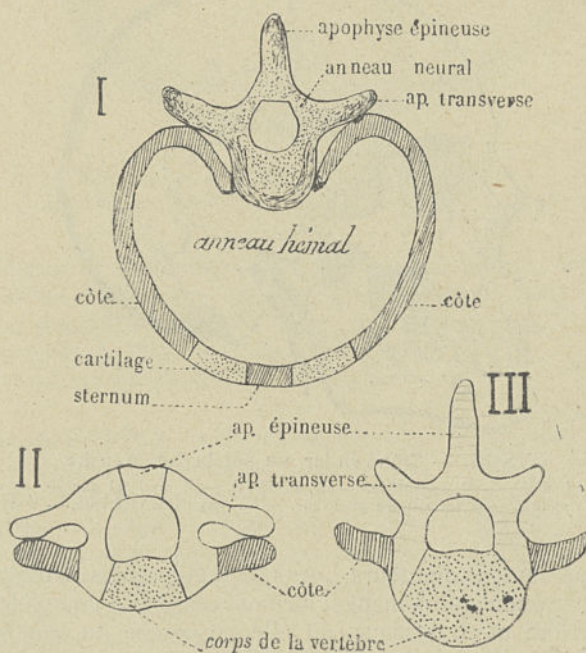


Fig. 34.

I, segment vertébral ; II, vertèbre cervicale ; III, vertèbre lombaire.

points : l'extrémité postérieure de la côte présente un léger renflement, qui s'articule dans une petite cavité à peu près hémisphérique située sur les flancs du corps vertébral et formée aux dépens de deux vertèbres consécutives (8, fig. 30) ; à 1 ou 2 centimètres en avant de sa tête, la côte forme une autre petite saillie ou *tubérosité* située à sa face externe et qui bute contre une petite face articulaire portée par l'apophyse transverse (4' fig. 30).

On donne le nom de *segment vertébral* à la ceinture osseuse constituée par une vertèbre, la paire de côtes qui s'y articule, les cartilages qui continuent antérieurement ces côtes et le segment du sternum sur lequel elles s'attachent en avant (I, fig. 34).

Ces segments vertébraux ne sont absolument complets que dans la région des cinq premières côtes dorsales, qui sont fixées en avant aux cinq segments du sternum. A mesure que l'on descend plus bas, ils se réduisent progressivement : ce sont d'abord les segments du sternum, puis les cartilages costaux et enfin les côtes elles-mêmes qui s'atro-

phient ; le long des vertèbres lombaires, les côtes ne sont plus représentées que par un prolongement assez court, intimement fixé au corps vertébral, en avant de l'apophyse épineuse (III, fi. 34).

Le long du cou et dans la région sacrée la réduction est encore bien plus considérable, ainsi que le montre la figure 34, II. Les parties couvertes de hachures en II et en III sont regardées comme des rudiments de côte.

§ 2. *Squelette de la tête.* — Le squelette de la tête comprend deux parties : une sorte de boîte osseuse dans laquelle est logée le cerveau et que l'on appelle le *crâne* ; vient ensuite une masse osseuse formée de pièces pour la plupart immobiles, et suspendues au-dessous et en avant du crâne : c'est la *face*.

I. — Les *os du crâne* sont au nombre de 8, quatre pairs et quatre

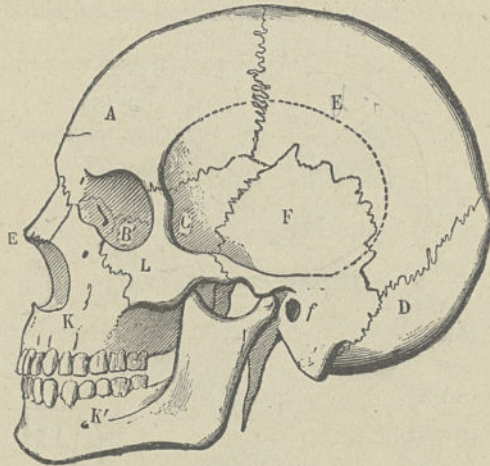


Fig. 35. — Crâne entier, vu par la face gauche.

A, frontal. — B, ethmoïde. — C, sphénoïde. — D, occipital. — E, pariétal gauche. — E, nasal gauche. F, temporal ; f, trou auditif. — K, maxillaire supérieur. — K', maxillaire inférieur. — L, os malaire gauche.

impairs ; ils présentent sur leurs bords de nombreuses dentelures par lesquelles ils s'engrènent solidement et forment une boîte complètement close, excepté en arrière et en dessous, où elle est percée du *trou occipital* par lequel passe la moelle épinière (fig. 35). Ces os sont :

1° En avant, l'*os frontal* A qui prend une part importante à la formation des cavités orbitaires et qui est en outre creusé, au niveau des arcades sourcilières, de deux cavités irrégulières ou *sinus frontaux* qui se remplissent de mucosités dans les rhumes de cerveau.

2° En arrière, l'*occipital* D, percé du trou occipital par lequel passe la moelle épinière ; à droite et à gauche de ce trou se trouve un renflement ou *condyle occipital* qui se fixe, comme nous l'avons déjà vu, dans la cavité articulaire correspondante de l'atlas.

3° Les *deux os pariétaux*, E, qui forment les parties latérales et supérieures de la tête ; ils se soudent l'un à l'autre juste sur la ligne médiane du crâne : en avant, avec le frontal ; en arrière, avec l'occipital ; par côté, avec les temporaux ; ils sont en forme de calottes quadrilatères (P, fig. 36) ;

4° Les *deux os temporaux*, F, situés au-dessous des précédents et qui ferment par conséquent la boîte crânienne par côté et en bas ; ils sont percés extérieurement du conduit de l'oreille (trou auditif externe) et possèdent sur

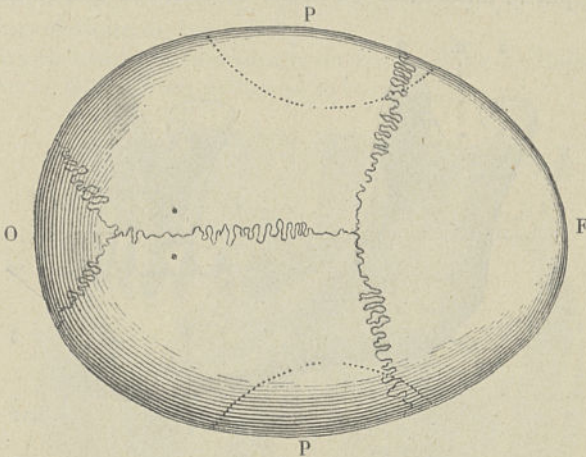


Fig. 36. — Crâne vu par sa face supérieure.

F, frontal ; P et P, pariétaux réunis sur la ligne médiane ; O, occipital.

leur face interne un renflement très accusé, le *rocher*, dans lequel est creusée la cavité de l'oreille ; ils envoient chacun un long prolongement, l'*apophyse zygomatique* (*zugoma*, lien), qui se dirige en avant où elle s'attache à l'os des pommettes et qui est très saillante sur les figures amaigries ;

5° L'*ethmoïde* B (*ethmos*, crible ; *eidos*, ressemblance), os impair situé au-dessous du frontal, où il forme une partie du fond de la boîte crânienne ; il présente, dans le plan de symétrie de la tête, un prolongement en forme de lame aplatie, la *lame perpendiculaire* (1, fig. 37), qui constitue tout à fait au fond du nez la cloison de séparation des deux fosses nasales. A droite et à gauche de cette lame, l'ethmoïde présente deux autres prolongements (4 et 5), qui forment les parois latérales du nez tout à fait dans le haut, et que l'on appelle les *cornets* (cornets supérieurs et cornets moyens) à cause de leur forme un peu contournée. Sa partie supérieure (2) est percée de nombreux petits trous qui livrent passage aux ramifications du nerf olfactif allant s'épanouir dans la muqueuse du nez. Cette région s'appelle la *lame criblée* de l'ethmoïde (fig. 41).

6° Enfin, le *sphénoïde* (C, fig. 35) (*sphen*, coin ; *eidos*, apparence) qui s'étend transversalement à la partie inférieure du crâne, en arrière de l'ethmoïde, et achève de fermer la boîte crânienne ; il va d'un os temporal à

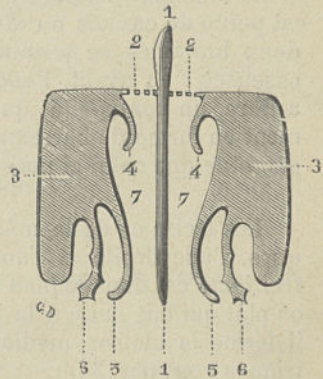


Fig. 37. — Ethmoïde schématique. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, lame perpendiculaire avec son prolongement supérieur, 1, la *crista galli* ; 2, lame criblée ; 3, masses latérales ; 4, 4, cornets supérieurs ; 5, 5, cornets moyens ; 6, 6, apophyses unciniformes ; 7, fosses nasales.

l'autre et présente la particularité de s'articuler avec toutes les autres pièces du crâne et même avec quelques-unes de la face (fig. 42).

II. — Les *os de la face* sont au nombre de 14; treize sont soudés ensemble ainsi qu'à la partie antérieure du crâne et forment une masse unique et

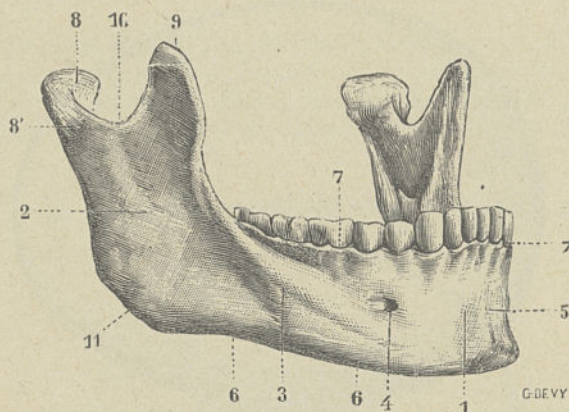


Fig. 38. — Maxillaire inférieur. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

1, corps du maxillaire; 2, sa branche montante; 4, trou mentonnier; 8, condyle; 9, apophyse coronoïde.

absolument fixe, la *mâchoire supérieure*; le quatorzième forme à lui seul la *mâchoire inférieure* (fig. 35).

La mâchoire inférieure a la forme d'un fer à cheval dont le bord supérieur est percé de cavités ou alvéoles qui contiennent les racines des dents; les deux branches se terminent chacune à leur extrémité par deux saillies osseuses: en avant, l'*apophyse coronoïde* (9), aplatie et triangulaire; en arrière, un *condyle* (8) qui est un renflement un peu allongé transversalement en forme de barre et qui s'articule avec l'os temporal dans la *cavité glénoïde* que celui-ci possède en avant du trou auditif (13, fig. 40).

Les treize os de la mâchoire supérieure forment deux moitiés symétriques, l'une droite et l'autre gauche, formées de six pièces chacune; la treizième est dans le plan même de symétrie et s'appelle le *vomer*; c'est un os plat qui fait suite à la lame perpendiculaire de l'ethmoïde avec laquelle il forme la cloison médiane du nez (10, fig. 39). Les douze pièces symétriques sont (fig. 35):

1° Les deux *maxillaires supérieurs* K intimement soudés sur la ligne médiane; ils sont creusés de trous ou *alvéoles* dans lesquels les dents supérieures sont implantées, et d'un grand sinus ou *antre d'Higmore* qui communique avec toutes les autres petites cavités irrégulières que possèdent la plupart des autres os du voisinage, cavités qui se remplissent toutes comme lui de mucosités dans les rhumes de cerveau; ils possèdent chacun une branche montante qui va s'articuler avec le frontal, et une lame transversale qui s'étend en arrière pour former une partie de la voûte du palais;

2° Les deux *os propres du nez* ou *os nasaux* E' également soudés sur la ligne médiane et qui forment la racine du nez;

3° Les deux *os unguis* ou *lacrymaux*, qui ont de très faibles dimensions

et sont situés dans le coin interne de la cavité orbitaire; ils sont creusés chacun de deux petits trous par lesquels les larmes s'écoulent dans les fosses nasales;

4° Les deux *os malaïres* ou os des pommettes L qui s'articulent avec l'apophyse zygomatique du temporal;

6° Les deux *palatins* qui sont placés en arrière des maxillaires et forment avec ces derniers la voûte ou palais de la bouche;

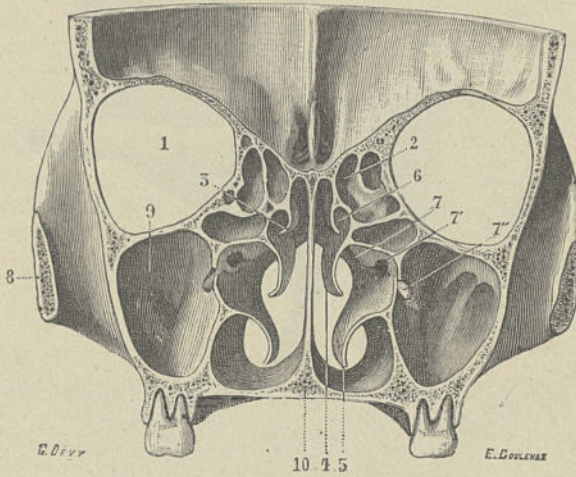


Fig. 39. — Coupe verticale de la face, menée de droite à gauche.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, orbite; 2, cellules ethmoïdales; 3, cornets supérieurs; 4, cornets moyens; 5, cornets inférieurs; 6, méat supérieur; 7, méat moyen et sa communication 7, avec le sinus maxillaire; 8, coupe de l'arcade zygomatique; 9, sinus maxillaire; 10, coupe du maxillaire se continuant supérieurement par le vomer.

6° Enfin, les deux *os cornets inférieurs* (5, fig. 39) qui sont situés latéralement au-dessous des cornets de l'ethmoïde et qui forment les parois latérales et inférieures du nez.

Quelques os de la tête ont une forme très irrégulière et présentent un certain nombre de particularités à signaler.

1. — Les *temporaux* sont d'abord caractérisés par ce fait que leur apophyse interne, le *rocher*, est creusée d'une cavité qui loge l'oreille. Cette même apophyse présente à son sommet un orifice, le *trou auditif interne*, par lequel le nerf auditif pénètre dans l'intérieur de l'oreille. En dehors, le temporal présente un autre orifice, le *trou auditif externe*, qui n'est pas autre chose que l'ouverture du canal auditif externe de l'oreille (9, fig. 40).

Un peu en avant de cet orifice se trouve une petite cavité un peu allongée dans le sens transversal, la *cavité glénoïde* (13), dans laquelle s'articule la tête ou *condyle* du maxillaire inférieur.

Au voisinage de la cavité glénoïde, on observe trois apophyses différentes: 1° l'*apophyse zygomatique* (*zugoma*, lien) qui se détache au-dessus de ladite cavité (6); c'est une saillie légèrement arquée qui se dirige en avant et se soude avec l'os de la pommette ou os malaire; 2° l'*apophyse styloïde* (*stulos*, stylet) (12), qui est très grêle et qui se dirige obliquement vers le bas, pour aller se relier à l'os hyoïde situé au sommet du larynx; 3° enfin, en arrière, un gros renflement massif et conique, l'*apophyse mastoïde* (2) (*mastos*, colline, saillie).

Toute la région antérieure et supérieure du temporal est très amincie en biseau; il en est de même du pariétal avec lequel il s'articule, et leurs bords amincis s'appliquent tout

simplement l'un sur l'autre, sans qu'il y ait de dents servant à les engrener, ce qui fait que cette région du crâne présente une assez faible résistance.

II. — L'*ethmoïde* est situé sur l'axe médian de la tête et se fixe par sa partie antérieure

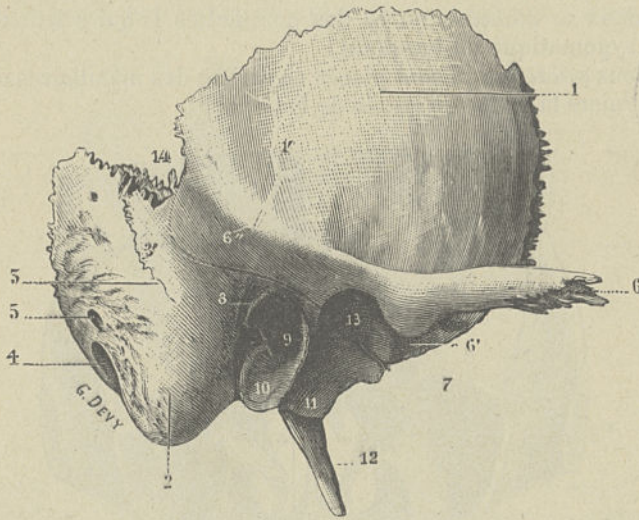


Fig. 40. — Temporal droit, vu par sa face externe. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, portion écaillée; 2, apophyse mastoïde en avant de laquelle se trouve le *conduit auditif externe*, 9. Au-dessous de celui-ci on voit l'*apophyse styloïde*, 12 qui se dirige obliquement vers le bas pour aller se relier par un ligament à l'os hyoïde, au sommet du larynx; 6, apophyse zygomatique de 2 à 3 centimètres; 13, cavité glénoïde.

dans une anfractuosité, l'*échancrure ethmoïdale*, que porte l'os frontal à son milieu. Il est très friable et percé de nombreuses cavités irrégulières qui communiquent avec les deux grands sinus de l'os frontal et avec les fosses nasales (fig 37 et 41).

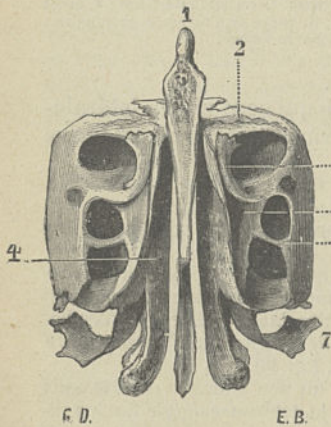


Fig. 41. — Ethmoïde vu par sa face antérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, apophyse crista-galli; 2, lame criblée; 3, 4, 5, face antérieure des masses latérales avec les orifices des cellules ethmoïdales; 6, cornet moyen; 7, apophyses unciniformes.

C'est un os très irrégulier qui peut se ramener à deux lames osseuses perpendiculaires l'une sur l'autre : l'une est verticale et située juste dans le plan de symétrie; c'est la *lame perpendiculaire*, qui se continue avec le vomer pour former la cloison médiane du nez. L'autre lame est horizontale et s'appelle la *lame criblée* (2), parce qu'elle est percée d'une quantité de petits trous très fins qui livrent passage aux filets du nerf olfactif.

La lame perpendiculaire se continue un peu au-dessus de la lame criblée par un petit prolongement en forme de crête de coq (1), qu'on désigne couramment sous le nom d'*apophyse crista-galli* et qui s'encastre profondément dans l'échancrure ethmoïdale de l'os frontal, en pénétrant même légèrement dans la boîte crânienne.

Enfin, les deux moitiés symétriques de la lame criblée supportent à leur face inférieure deux petites masses osseuses symétriques et très poreuses, appelées les *masses latérales* (3). Chacune de celles-ci possède à son tour sur sa face interne, c'est-à-dire sur celle qui regarde la lame perpendiculaire, deux prolongements en forme de feuillets contournés, que l'on appelle les *cornets supérieurs* et les *cornets moyens* (4 et 5, fig. 37), et qui forment les parois latérales du nez tout à fait

dans le haut. Ces cornets limitent deux anfractuosités, les *méats supérieurs* et les *méats moyens*, qui constituent elles-mêmes la portion la plus profonde des fosses nasales (fig. 39). Chaque masse latérale est creusée de deux cavités principales ou *cellules ethmoï-*

dales, qui toutes les deux communiquent avec les méats et par conséquent avec les fosses nasales.

III. — Le *sphénoïde* s'étend transversalement à la base de la boîte crânienne dont il forme le milieu du fond ; il est articulé avec toutes les pièces du crâne sans exception (fig. 42).

Il est formé d'une masse centrale, le corps du *sphénoïde*, de forme à peu près cubique, creusée de deux grands sinus et portant elle-même trois paires de prolongements symétriques : 1° en haut les *deux petites ailes* (2) de forme triangulaire, qui se dirigent un peu en avant où elles s'unissent au frontal et contribuent à la formation des orbites : 2° sur les côtés, les *deux grandes ailes* (24) qui sont irrégulières et étendues horizontalement : 3° en bas, les *deux apophyses ptérygoïdes* (*ptérugos*, aile ; *eidos*, apparence) (7) qui descendent verticalement et donnent insertion aux muscles ptérygoïdiens servant à la mastication. L'ensemble du sphénoïde rappelle un peu une chauve-souris qui aurait les ailes déployées.

Enfin la face supérieure du corps du sphénoïde présente une petite excavation en forme de selle arabe que l'on appelle la *selle turcique* dans laquelle est logée l'*hypophyse* ou corps pituitaire. Tout au voisinage de cette selle, et à la base des deux petites ailes, se trouvent les *deux trous optiques* par lesquels passent les nerfs optiques pour se rendre dans les orbites.

L'étude du développement du sphénoïde a montré qu'il est formé, alors que son ossification n'est pas encore complète, par deux parties distinctes, le *sphénoïde antérieur* et le *sphénoïde postérieur*, qui se soudent ultérieurement l'une à l'autre dans la région de la selle turcique.

Au point de vue de leur développement, il y a lieu de diviser les pièces du crâne en

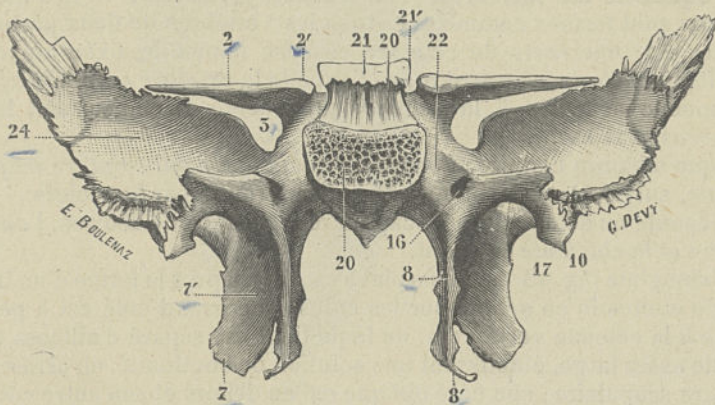


Fig. 42. — Sphénoïde, vue postérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

2, petites ailes ; 2', apophyse clinéoïde antérieure ; 3, fente sphénoïdale ; 7, 7', apophyse ptérygoïde gauche ; 3, 3', la même, du côté droit ; 24, les grandes ailes ; la selle turcique est limitée à ses quatre angles par les deux apophyses clinéoïdes antérieures 2' et les postérieures 21'.

deux groupes, les *os de membrane* et les *os de cartilage*. La base du crâne passe par le stade cartilagineux (sphénoïde, ethmoïde, les temporaux, moins leur partie supérieure amincie ou *écaille* et les deux tiers inférieurs de l'occipital). Le reste, c'est-à-dire la plus grande partie de la boîte crânienne, est formée d'os de membrane.

Dans le très jeune âge, la voûte comprend quatre plages osseuses principales (frontal, occipital et pariétaux) séparées par des parties membraneuses qui forment les deux *fontanelles* sur le dessus de la tête.

§ 3. — *Théorie vertébrale du crâne.* — La région du tronc est constituée, comme nous l'avons vu, par une série de segments vertébraux très nets (fig. 34) et cette segmentation ou *métamérisation* du squelette se retrouve avec une très grande netteté dans les muscles et dans les nerfs de cette même région, où il existe en effet 12 paires de muscles surcostaux, 12 paires d'intercostaux, 12 paires de nerfs rachidiens et 12 paires de ganglions sympathiques.

On a prétendu que cette segmentation se poursuit jusque dans la tête où il existe en effet 12 paires de nerfs crâniens, et Goethe et Owen ont émis l'idée que les pièces osseuses

de la tête ne seraient que des vertèbres profondément modifiées pour constituer une boîte destinée à abriter le cerveau. D'après ces auteurs, la tête proviendrait des quatre vertèbres les plus antérieures de la colonne vertébrale, qui seraient :

1° La *vertèbre occipitale*, représentée par l'os occipital et qui serait la moins modifiée de toutes, puisqu'elle possède encore le *trou occipital* qui livre passage à la moelle; 2° la *vertèbre pariétale* dont le corps serait formé par le sphénoïde postérieur et dont l'anneau serait limité par les grandes ailes du sphénoïde et les pariétaux; 3° la *vertèbre frontale*, dont le corps serait le sphénoïde antérieur et dont l'anneau serait constitué par les petites ailes du sphénoïde et par le frontal; 4° la *vertèbre nasale*, la plus modifiée de toutes et dans laquelle entreraient le vomer, l'éthmoïde et les nasaux. Cette théorie soulève quelques objections sérieuses dont les deux principales sont les suivantes :

1° Si la tête provenait de vertèbres, il devrait exister parmi les Vertébrés les plus inférieurs des animaux chez lesquels les vertèbres primitives de la tête seraient encore à peine modifiées et parfaitement reconnaissables, ainsi que cela s'observe pour d'autres organes, le cerveau, le système circulatoire, etc., dont la complication croît progressivement depuis les Poissons jusqu'aux Mammifères. Or aucun Poisson ne présente dans sa tête des pièces osseuses qui soient manifestement des vertèbres encore peu modifiées.

En second lieu les pièces de la voûte du crâne sont des *os de membrane* qui ne se développent pas de la même façon que les vertèbres. Elles passent directement de l'état conjonctif à l'état osseux, tandis que les vertèbres passent par les trois états muqueux, cartilagineux et osseux.

§ 4. **Squelette des membres.** — I. MEMBRES SUPÉRIEURS. — Les membres supérieurs sont formés comme chez tous les Vertébrés de deux parties bien distinctes : 1° une sorte de ceinture osseuse immobile, fixée au tronc et incomplètement fermée en arrière; on l'appelle la *ceinture scapulaire*; 2° une partie mobile articulée à la ceinture précédente et comprenant le *bras*, l'*avant-bras* et la *main*.

Chaque membre comprend par conséquent une *demi-ceinture scapulaire* ou *épaule*, suivie de sa partie mobile qui se termine par les doigts.

1° L'épaule ou demi-ceinture scapulaire est formée de deux os, l'*omoplate* en arrière et la *clavicule* en avant.

a. L'omoplate (fig. 43) est un os plat ayant à peu près la forme d'un triangle rectangle et étendu en arrière sur les côtes; son grand côté est à peu près parallèle à la colonne vertébrale, de laquelle il est séparé d'ailleurs par un intervalle assez large, établissant une solution de continuité, en arrière, dans la ceinture scapulaire; son côté oblique est en dehors et son autre côté droit serait en haut.

A son angle externe et supérieur, l'omoplate est creusée d'une cavité arrondie et d'ailleurs assez peu profonde (13), la *cavité glénoïde*, dans laquelle vient s'articuler la tête de l'os du bras.

La surface externe de l'omoplate n'est pas absolument plane; elle est parcourue transversalement vers le haut par une crête très accentuée, l'*épine* de l'omoplate (2) qui se termine elle-même en avant par une apophyse très accusée et recourbée au-dessus de la cavité glénoïde, où elle forme la crête saillante de l'épaule: cette saillie s'appelle l'*acromion* (6). Enfin l'omoplate porte encore en avant, au-dessus de la cavité glénoïde, une autre apophyse recourbée en bec de corbeau, l'*apophyse coracoïde* (*korakos*, corbeau) (7).

b. La *clavicule* (H. fig. 27) est un os très allongé et légèrement courbé en forme d'S étiré; elle s'articule d'une part avec la crête de l'épaule ou *acromion*, d'autre part avec le sommet du sternum.

La ceinture scapulaire se trouve ainsi complètement fermée en avant par l'intermédiaire du sternum, tandis qu'elle est très largement ouverte en arrière, où les deux omoplates s'arrêtent à une assez grande distance l'une

de l'autre ; des muscles nombreux fixés sur ces dernières leur font subir des déplacements sensibles, mais elles sont toujours maintenues à leur écartement normal en avant par les deux clavicules. Celles-ci sont des os de membrane.

2° La *partie mobile de chaque membre supérieur* comprend trois régions : le *bras*, l'*avant-bras* et la *main*.

a. Le *squelette du bras* est formé d'un os unique, de forme allongée, appelé l'*humérus* ; son extrémité antérieure est en forme de tête arrondie

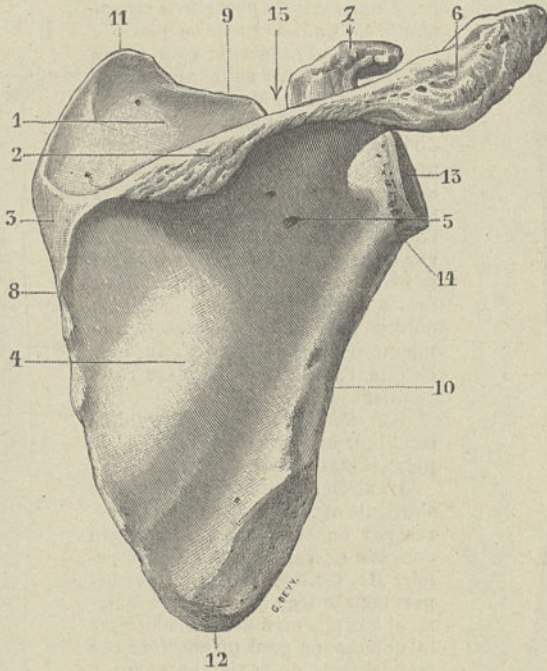


Fig. 43. — Omoplate. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

2, épine de l'omoplate ; 5, trou nourricier ; 6, acromion ; 7, apophyse coracoïde ; 13, cavité glénoïde.

qui s'articule dans la *cavité glénoïde* de l'omoplate ; son extrémité inférieure, également renflée, ressemble à une poulie et s'appelle la *trochlée* (9, fig. 44).

A la face externe de la trochlée se trouve un autre renflement arrondi ou *condyle*. Un peu au-dessus de la trochlée et du condyle, la face antérieure de l'humérus est creusée d'une petite dépression appelée la *cavité coronôide* ; juste au même niveau, sur la face postérieure, il s'en trouve une autre beaucoup plus accentuée, la *cavité olécranienne* (10).

b. Le *squelette de l'avant-bras* est formé de deux os longs à peu près parallèles et sensiblement de mêmes dimensions (fig. 45) : ce sont le *radius* (2) qui est placé dans le prolongement du pouce, et le *cubitus* (1) placé dans le prolongement du petit doigt. Le radius est articulé supérieurement avec l'humérus et inférieurement avec deux des os du poignet, ce qui fait que la main ne peut tourner ni à droite ni à gauche sans entraîner en même temps le radius (fig. 45).

Au contraire, le cubitus est libre à son extrémité inférieure et est articulé supérieurement avec la trochlée ou poulie de l'humérus ; en raison de la disposition de cette dernière, il ne peut exécuter que des mouvements de flexion de l'avant-bras sur le bras ; dans les mouvements de rotation de la main, celle-ci entraîne le radius et le fait tourner autour du grand axe du cubitus qui reste fixe.

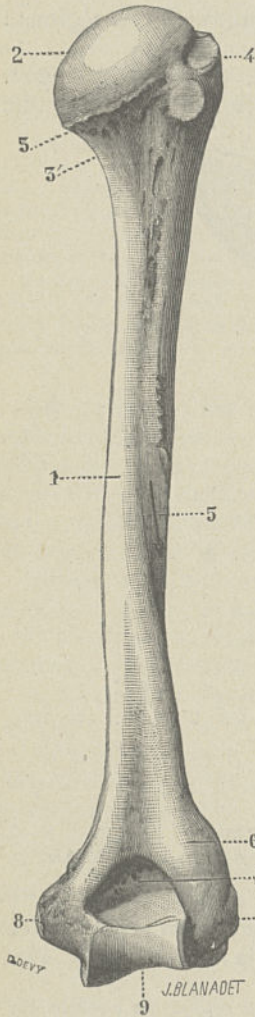


Fig. 44. — Humérus, face postérieure. (L. TESTUR, Anatomie humaine.)

1, corps. — 2, tête. — 3, gouttière de torsion. — 5, trochlée pour le cubitus. — 10, cavité olecranienne.

L'extrémité supérieure du cubitus porte une sorte de gorge très creuse (3, fig. 45) dans laquelle se place la trochlée de l'humérus ; cette gorge est limitée par une saillie antérieure, l'apophyse coronoïde (*koronos*, corne recourbée) qui pénètre dans la cavité du même nom de l'humérus, et par une saillie postérieure très développée, l'olécrâne, qui forme la saillie du coude. L'olécrâne empêche l'avant-bras de se fléchir en arrière sur le bras ; lorsque cet avant-bras se trouve placé exactement en ligne droite avec le bras, l'olécrâne du cubitus bute dans la cavité olécranienne de l'humérus et s'oppose à ce que l'avant-bras dépasse cette position.

L'extrémité inférieure du cubitus est libre, sans articulation avec le poignet (2, fig. 46).

L'extrémité supérieure du radius s'articule avec le condyle de l'humérus par un renflement légèrement concave ou cupule à contour circulaire (11, fig. 45), ce qui lui permet par conséquent de tourner librement à droite ou à gauche, alors que le cubitus ne peut qu'effectuer des mouvements de flexion en avant.

Son extrémité inférieure (1, fig. 46) est articulée avec deux des os du poignet, le scaphoïde (3) et le semi-lunaire (4).

c. Le squelette de la main comprend trois parties : le poignet ou carpe, la paume ou métacarpe et les doigts formés d'os successifs ou phalanges (fig. 46).

Le carpe est formé de huit petits os courts, disposés sur deux rangées (3 à 10, fig. 46).

Le métacarpe constitue le squelette de la paume de la main ; il comprend cinq os longs, les os métacarpiens, qui sont placés chacun dans le prolongement d'un doigt et qui, comme tous les os longs, sont légèrement renflés à leurs extrémités (11 et 12).

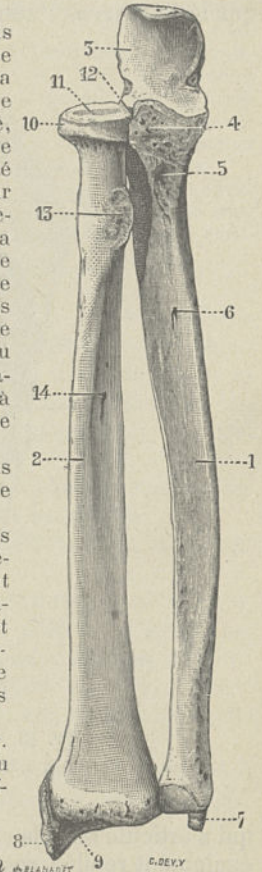


Fig. 45. — Les deux os de l'avant-bras, face antérieure. (L. TESTUR, Anatomie humaine.)

1, cubitus. — 2, radius. — 3, gorge du cubitus. — 4, apophyse coronoïde. — 6, trou nourricier. — 9, facette articulaire pour le carpe. — 11, cupule pour le condyle de l'humérus. — 13, trou nourricier.

Enfin, chacun des cinq doigts, à l'exception du pouce, comprend trois os ou *phalanges* de taille successivement décroissante : la *phalange*, la *phalangine* et la *phalangelette* (14, 15 et 17) sur laquelle l'ongle est fixé. Le pouce manque de phalangelette.

La caractéristique de la main, c'est que le pouce est opposable à tous les autres doigts et peut former avec chacun d'eux une sorte de pince capable de saisir les objets. Ce qui fait dire que les extrémités des membres supérieurs sont différenciées en *organes de préhension*.

La 1^{re} rangée des os du carpe comprend de dehors en dedans : le *scaphoïde*, le *semi-lunaire*, le *pyramidal* et le *pisiforme* (os sésamoïde)⁴. La seconde rangée comprend le *trapèze*, le *trapézoïde*, le *grand os* et l'*os crochu*.

C'est avec le *scaphoïde* et le *semi-lunaire* de la première rangée que s'articule le radius.

II. MEMBRES INFÉRIEURS. — Ils sont établis sur le même plan général que les membres supérieurs. Ils comprennent deux parties : 1^o une ceinture osseuse très solide attachée à la base de la colonne vertébrale et appelée le *bassin* ou *ceinture pelvienne*; elle est complètement fermée en avant et s'arrête en arrière sur les parois latérales du sacrum ; 2^o une partie articulée avec la ceinture précédente et comprenant la *cuisse*, la *jambe* et le *pied*.

Chaque membre se compose par conséquent d'une base d'attache ou *demi-bassin* ou *demi-ceinture pelvienne*, et d'une partie mobile terminée par les orteils.

1^o Le *demi-bassin* ou *demi-ceinture pelvienne* est formé d'un os volumineux appelé l'*os iliaque* ; il se réunit en avant sur la ligne médiane du corps avec le demi-bassin opposé ; en arrière il se soude par une très large surface aux parois latérales du sacrum (fig. 47).

Mais l'*os iliaque* est en réalité formé de trois pièces osseuses intimement soudées entre elles : 1^o l'*ilion*, partie supérieure évasée, concave intérieurement et formant la saillie de la hanche (2 et 3) ; 2^o le *pubis*, situé en avant,

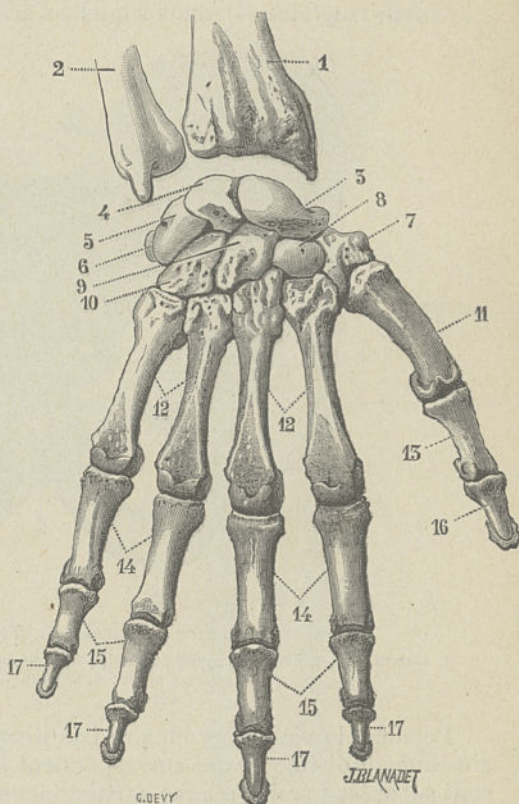


Fig. 46. — Squelette de la main. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, radius ; 2, cubitus ; 3, scaphoïde ; 4, semi-lunaire ; 5, pyramidal ; 6, pisiforme ; 7, trapèze ; 8, trapézoïde ; 9, grand os ; 10, os crochu ; 11, premier métacarpe ; 12, autres métacarpes ; 13, première phalange du pouce ; 14, les autres ; 15, 2^e phalange ; 16, 3^e phalange ; 17, 3^e phalange.

⁴ On appelle *os sésamoïdes* des petits os qui se développent accidentellement, surtout entre les phalanges ou les pièces du poignet.

a la forme d'une sorte de fourche dont l'une des branches est verticale et descendante, tandis que l'autre est horizontale et s'articule, sur la ligne médiane du corps, avec la correspondante du pubis opposé; 3° l'*ischion* (6), placé en arrière et en bas; c'est une sorte d'arc osseux qui réunit l'*ilion* à la branche descendante du pubis. Ces trois parties sont soudées de telle sorte qu'elles prennent part toutes les trois à la formation d'une cavité profonde, la *cavité cotyloïde* (4), dans laquelle s'articule l'os de la cuisse.

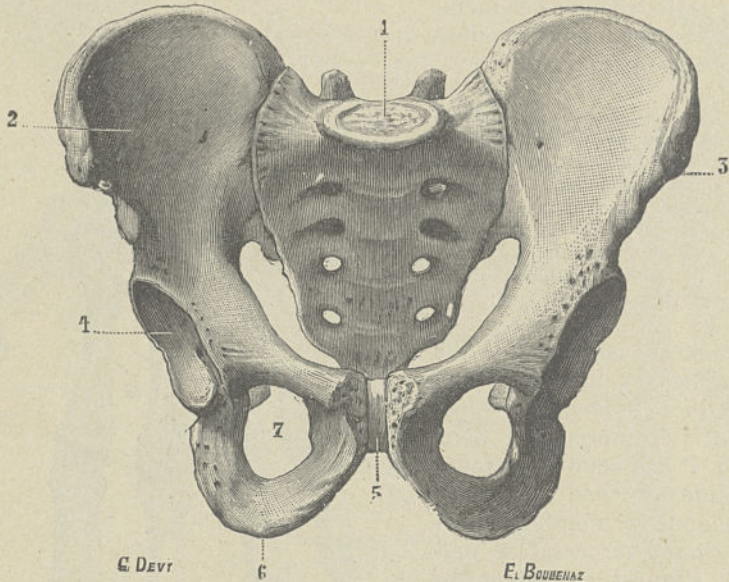


Fig. 47. — Figure du bassin. (L. TESTUR, *Anatomie humaine*.)

1, sacrum; 2 et 3, ilions; 4, cavité cotyloïde; 5, ligne médiane (symphyse pubienne) où se rejoignent les deux pubis; 6, ischion, 7, trou obturateur.

Pendant la vie embryonnaire l'os iliaque est constitué par trois pièces absolument distinctes qui correspondent à l'ilion, au pubis et à l'ischion et sont séparées par des plages cartilagineuses.

Lorsque le corps est assis, il repose sur un triangle formé par les deux ischions et la base inférieure du sacrum.

2° La *partie mobile de chaque membre inférieur* comprend trois régions : la *cuisse*, la *jambe* et le *pied*.

a. Le squelette de la cuisse est formé d'un os long, le *fémur*, qui est le plus volumineux de tout le squelette; son extrémité supérieure se termine par un gros renflement sphérique qui s'articule dans la *cavité cotyloïde* de l'os iliaque (fig. 48).

Au-dessous de sa *tête*, le fémur présente une région rétrécie, le *col*, à direction oblique vers le dehors, et un peu plus loin deux fortes saillies osseuses : le *grand trochanter* en dehors (7) et le *petit trochanter* (8) en dedans.

À son extrémité inférieure il se termine par deux autres renflements considérables ou *condyles* (10 et 11) qui s'articulent avec le tibia de la jambe.

b. Le squelette de la jambe est formé par deux os longs parallèles et de calibre très inégal : le *tibia* en dedans et le *péroné* en dehors.

Le tibia (A, fig. 49) a la forme d'un prisme triangulaire présentant une arête saillante à sa face antérieure, ce qui explique les douleurs toujours très vives que produisent les chocs sur le devant de la jambe. Il est articulé en haut avec le fémur, en bas avec un des os du cou-de-pied.

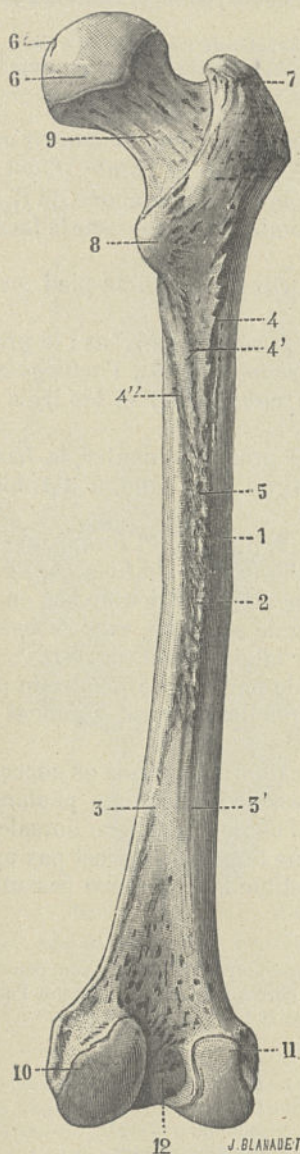


Fig. 48. — Fémur. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

1, corps du fémur; 5, trou nourricier; 3, tête du fémur; 7, grand trochanter; 8, petit trochanter; 9, col; 10, condyle interne; 11, condyle externe.

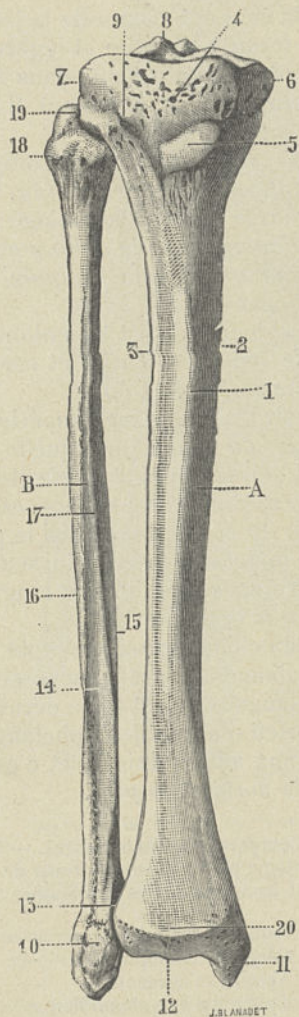


Fig. 49. — Vue antérieure des os de la jambe. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

A, tibia; B, péroné; 1, crête du tibia; 10, malléole externe; 11, malléole interne; 12, facette articulaire pour l'astragale; 13, péroné; 15, bord interne du péroné; 16, son bord externe.

Le péroné (B, fig. 49) est beaucoup plus grêle et s'accôle supérieurement à la tête du tibia sans toucher la base du fémur.

Le tibia présente à son extrémité supérieure deux cavités, les *cavités glénoïdes*, qui sont d'ailleurs assez peu accentuées et qui s'articulent avec les deux condyles du fémur. Son extrémité inférieure porte sur sa face interne une saillie appelée la *malléole interne* (41) qui n'est pas autre chose que la cheville interne.

Le péroné s'articule supérieurement avec la partie latérale de la tête du tibia, et inférieurement il porte un petit renflement externe, la *malléole externe*, appelée communément la cheville externe (10, fig. 49).

A la face antérieure de la jambe, au niveau du genou, se trouve un petit os de forme circulaire et légèrement bombé appelé la *rotule*. C'est un os sésamoïde; ce n'est que dans le courant de la troisième année qu'il atteint son complet développement. Il empêche la jambe de se plier sur la face antérieure de la cuisse.

c. Le squelette du pied comprend trois parties : le cou-de-pied ou *tarse*, le *métatarse* et les *orteils* (fig. 50 et 51).

Le tarse est un assemblage de sept os disposés sur rangées ; la première rangée comprend, de dehors en dedans, le *scaphoïde* (3), l'*astragale* (2) et le *calcaneum* (1) ; la seconde comprend le *cuboïde* (4) et les trois *cunéiformes* (5 à 7).

Le calcaneum est très allongé en arrière pour augmenter la base sur laquelle repose le corps et servir d'insertion au gros tendon d'Achille ; il forme la saillie du talon.

L'astragale a sa face supérieure saillante (2, fig. 51), et forme une sorte de gorge de poulie sur laquelle vient s'articuler la base du tibia (A, fig. 50), ce qui permet au pied d'exécuter des mouvements de flexion de bas en haut ou inversement ; sur sa face externe, l'astragale s'articule avec la base du péroné (B) et empêche ainsi le pied de fléchir latéralement (fig. 50).

Le métatarse forme à lui seul la plus grande partie de la plante du pied ; il est composé de cinq os longs, placés chacun dans le prolongement d'un orteil (I à V, fig. 51).

Enfin chaque orteil, excepté le plus gros, est formé de trois os successifs ou phalanges de taille successivement décroissante, phalange, phalangine et phalangelette ; c'est cette dernière qui porte l'ongle sur sa face dorsale. Le gros orteil n'a que deux phalanges tout comme le pouce. Il n'est pas opposable aux autres doigts, et c'est ce qui constitue la différence essentielle entre la *main* et le *pied*.

§ 5. **Comparaison des membres.** — Les membres supérieurs et inférieurs sont construits sur le même plan ; ils sont formés de parties qui se correspondent ou, comme l'on dit, qui sont *homologues*. Ces homologues sont résumées par le tableau suivant :

Ceinture scapulaire	correspond à	ceinture pelvienne.	
Corps de l'omoplate	—	ilion.	
Apophyse coracoïde	—	pubis.	
Tubercule sus-glénoïdien	—	ischion.	
Clavicule	—	<i>pas d'homologue.</i>	
Bras	humérus —	fémur <i>Cuisse.</i>	
Avant-bras.	{ radius correspond à	tibia	
		cubitus —	péroné } <i>Jambe.</i>
Main	{ carpe —	tarse	
		métacarpe —	métatarse. } <i>Pied.</i>
		phalanges —	phalanges. }

Mais il existe toutefois entre ces membres quelques différences d'ordre secondaire qui tiennent à leur mode de fonctionnement.

1° Les *clavicules* de la ceinture supérieure sont regardées comme des pièces supplémentaires qui n'ont pas leurs homologues dans les membres inférieurs, parce que ce sont des *os de membrane*, alors que toutes les autres parties des membres passent par le stade cartilagineux.

L'étude du développement de l'omoplate montre qu'elle seule correspond au demi-bassin ou os iliaque : sa grande lame triangulaire a pour homologue l'*ilion*; l'apophyse coracoïde correspond au *pubis* et un petit renflement situé au-dessus de la cavité glénoïde, le *tubercule sus-glénoïdien*, est regardé comme l'homologue de l'*ischion*.

2° L'avant-bras se plie en avant sur le bras, tandis que son homologue, la jambe se plie en arrière sur la cuisse. On explique cette différence

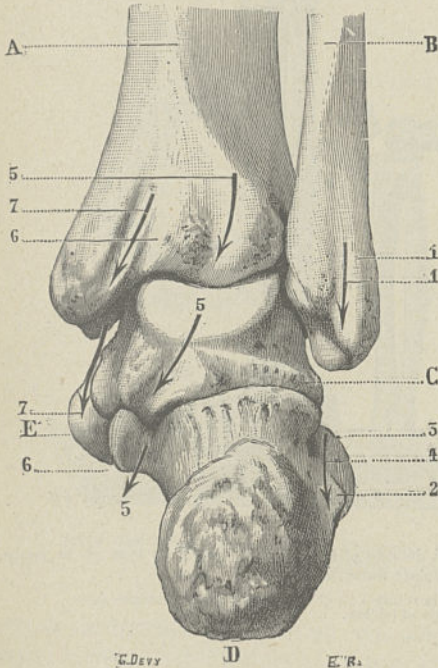


Fig. 50. — Articulation de la jambe avec le pied. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A, tibia; B, péroné; C, astragale articulé avec le tibia et le péroné; D, calcanéum; E, scaphoïde; 1, cheville externe (vue par la face postérieure du talon).

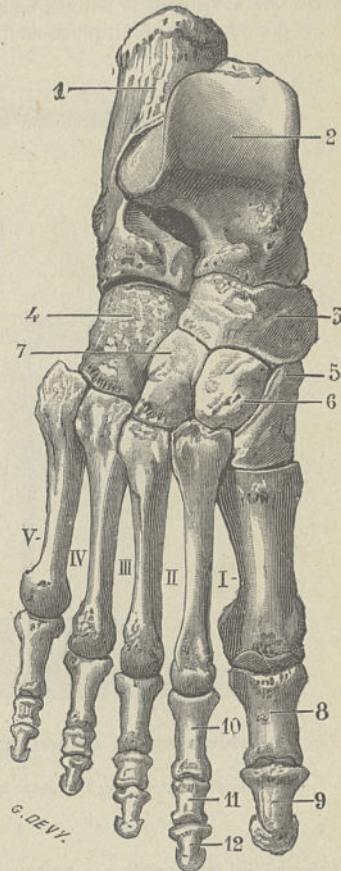


Fig. 51. — Os du pied. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, calcanéum; 2, astragale; 3, scaphoïde; 4, cuboïde; 5, premier cunéiforme; 6, second cunéiforme; 7, troisième cunéiforme.

par la fonction particulière de ces parties osseuses, la première servant à porter les aliments à la bouche et l'autre servant à la marche.

L'*humérus* présente à sa surface des arêtes qui s'étendent sur le corps de l'os en décrivant une sorte de spirale, et qui font penser que l'os aurait été tordu sur lui-même de 180°. Si, en effet, l'on détord l'humérus après l'avoir ramolli par un séjour dans HC étendu, et qu'on place ensuite les deux membres l'un à côté de l'autre comme dans la figure 52, les homologues éclatent d'elles-mêmes avec la plus grande netteté. L'olécrâne (2) vient se placer en avant comme la rotule (2') et peut être regardée comme son homologue.

Mais l'embryogénie montre qu'en réalité l'humérus n'a pas été tordu de 180° et que d'autre part le fémur subit également une certaine torsion, bien que sa surface ne présente aucune arête contournée : chez l'embryon, les membres supérieurs et inférieurs sont en effet orientés de la même manière sur les côtés du tronc, la *saillie du coude* et celle du *genou* placées toutes deux en dehors. Mais dans la suite l'humérus se tord de 90° de façon

à porter *en arrière* la saillie du coude ; le fémur accomplit de son côté la même rotation *en sens inverse* et ramène le genou en avant.

De sorte que pour ramener les deux membres à leur véritable position primordiale, il faut détordre l'humérus de 90° en avant et le fémur de 90° en dehors, ce qui donne encore l'aspect représenté par la figure 52. On a observé que la torsion de l'humérus se continue encore de 47° depuis le 8^e mois embryonnaire jusqu'à l'état adulte.

Si donc le coude était placé en dehors chez nos formes ancestrales comme il l'est encore

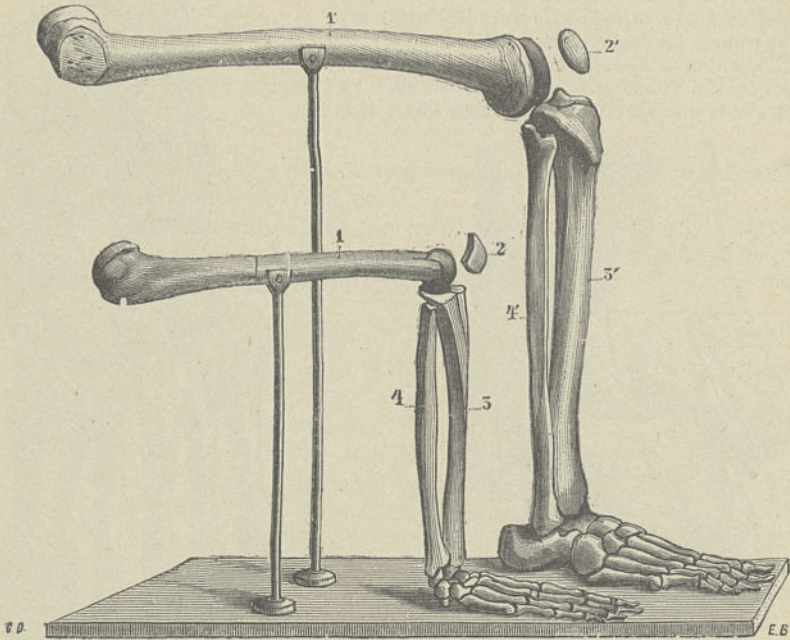


Fig. 52. — Comparaison des membres, l'humérus étant détordu et l'avant-bras ramené au type de la jambe (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, humérus ; 1', fémur ; 2, olécrâne homologue de la rotule 2' ; 3 et 4, radius et cubitus homologues de 3' et 3', tibia et péroné.

aujourd'hui pendant la vie embryonnaire, on peut penser que l'usage progressif des doigts pour porter les aliments à la bouche a pu suffire pour amener à la longue une torsion de l'humérus et rejeter le coude en arrière.

3^o Au coude, l'humérus s'articule avec les deux pièces de l'avant-bras, radius et cubitus, tandis qu'au genou le fémur s'articule seulement avec le tibia.

4^o Au poignet, le radius seul s'articule avec deux os du carpe (scaphoïde et semi-lunaire), tandis qu'au cou-de-pied, le tibia et le péroné s'articulent tous les deux avec un même os du tarse (astragale).

5^o Le tarse comprend 7 os et le carpe en possède 8, mais l'*os pisiforme* du carpe est un os supplémentaire ou os sésamoïde.

6^o Enfin les différentes parties de la main, carpe, métacarpe et doigts sont placées dans le prolongement direct de l'avant-bras, tandis que leurs homologues, c'est-à-dire les parties du pied, ont une direction horizontale, à 90° environ de la jambe. Cela tient tout simplement à ce que les extrémités de chaque membre antérieur se sont différenciées en une *main* dont le pouce est opposable aux autres doigts pour pouvoir saisir les objets, tandis que les extrémités inférieures *se sont étalées horizontalement sur le sol* pour supporter le corps dans la station verticale ; certaines de leurs pièces, l'astragale et surtout le calcaneum, ont même pris un grand développement en arrière pour augmenter encore la base de sustentation du corps.

§ 6. **Articulations ou jointures.** — On désigne sous ce nom le mode d'union des os. Il existe trois sortes d'articulations :

1° Les *articulations immobiles* ou *synarthroses* (*synarthrosis*, emboîtement), dans lesquelles les bords des os s'engrènent fortement les uns dans les autres à l'aide de nombreuses dents qui ne leur permettent aucun déplacement. C'est le cas de la plupart des os du crâne. Quelques-uns ont seulement leurs bords *très amincis* et taillés en sorte de biseaux qui se superposent directement (articulation du temporal avec le pariétal).

2° Les *articulations semi-mobiles*, *amphiarthroses* ou *symphyses* (*amphi*,

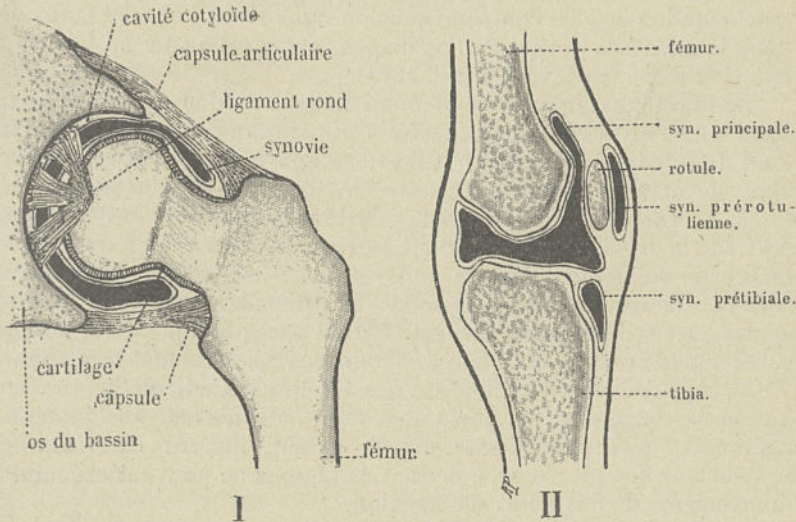


Fig. 53.

I, articulation de la hanche (art. coxo-fémorale) ; II, Articulation du genou pour montrer les trois poches synoviales (coupes longitudinales).

autour ; *arthrosis*, articulation) qui peuvent exécuter quelques mouvements dont l'étendue est d'ailleurs toujours très restreinte. C'est le cas des articulations des vertèbres, qui sont séparées par des disques fibro-cartilagineux (cartilage mélangé de fibres élastiques) permettant à la colonne vertébrale de se fléchir légèrement en avant ou en arrière. Les deux pubis du bassin sont réunis sur la ligne médiane par l'intermédiaire d'un ligament élastique ; cette articulation s'appelle la *symphyse pubienne* (5, fig. 47).

3° Les *articulations mobiles* ou *diarthroses* dans lesquelles les surfaces en contact sont à configuration réciproque, c'est-à-dire que l'un des os est creusé d'une cavité dans laquelle pénètre un renflement de l'autre (fig. 53).

Un certain nombre de dispositions particulières s'ajoutent aux pièces ainsi articulées pour faciliter leurs mouvements et les retenir en place :

1° La tête de l'os et la cavité correspondante de l'autre sont recouvertes d'une couche de *cartilage* d'un blanc nacré et à surface lisse, destinée à diminuer les frottements ; elle amortit également les chocs ;

2° La surface de ces cartilages est elle-même tapissée par les deux feuillets d'une membrane séreuse, la *synoviale*, sorte de sac complètement clos et très aplati qui est rempli d'une sérosité onctueuse, la *synovie* ; celle-ci

humecte les surfaces articulaires et facilite leurs mouvements, jouant ainsi le même rôle que l'huile dont on graisse les rouages d'une machine.

En général, il n'y a qu'une poche séreuse par articulation (épaule, coude, phalanges, etc.). Celle du genou est beaucoup plus complète et en possède trois distinctes : la *synoviale interarticulaire* située entre le tibia et le fémur, la *synoviale pré-tibiale* placée en avant du tibia et la *prérotulienne* en avant de la rotule (fig. 53) ;

3° Enfin des cordons nacrés, généralement aplatis, formés de tissu conjonctif très élastique et très résistant, s'étendent d'une pièce articulée à l'autre pour les maintenir solidement en place. On les appelle des *ligaments*. L'articulation la plus complète sous ce rapport est celle de la tête du fémur dans la cavité cotyloïde de l'os iliaque (*articulation de la hanche ou articulation coxo-fémorale*) (I, fig. 53).

De la tête du fémur il se détache un gros cordon élastique ou *ligament rond* qui se divise presque aussitôt en trois branches, dont l'une s'insère au fond de la cavité articulaire et les deux autres sur son bord. En outre, une sorte de manchon également nacré et élastique appelé la *capsule articulaire*, s'attache d'une part sur le pourtour de la cavité cotyloïde et d'autre part sur le col du fémur, ajoutant ainsi son action à celle du ligament pour maintenir solidement la tête de ce dernier os dans sa cavité articulaire. Aussi cette articulation se déboîte-t-elle difficilement; celle de l'épaule se *démet* au contraire avec assez de facilité parce que la cavité de l'omoplate est très peu creusée et la tête de l'humérus relativement très volumineuse.

La capsule articulaire n'existe pas à toutes les articulations; elle manque au coude, au genou, aux phalanges, etc., où il n'existe absolument que des ligaments, quatre au coude, six au genou, insérés extérieurement sur le pourtour des pièces articulées. Ces régions ne peuvent exécuter que des mouvements de flexion et d'extension.

L'épaule possède une capsule et cinq ligaments.

CHAPITRE II

SYSTÈME MUSCULAIRE

Les pièces du squelette sont incapables de se déplacer par elles-mêmes, mais la *chair rouge* qui les recouvre — et qui constitue les *muscles* ou *tissu musculaire* — possède la propriété spéciale de se *contracter* dans des conditions particulières et d'entraîner avec elle les os sur lesquels elle est fixée. Ces muscles constituent par suite les organes essentiellement actifs du mouvement, tandis que les os n'ont qu'un rôle purement passif.

On distingue deux sortes de muscles : 1° les *muscles rouges* ou *muscles striés* formant la chair rouge qui recouvre les membres, le tronc, etc. ; certains anatomistes portent leur nombre à 500 environ ; leur coloration est due à un pigment qui paraît identique à l'hémoglobine du sang.

2° Les *muscles lisses* qui sont d'une teinte plus pâle que les précédents et constituent les parois de l'estomac, de l'intestin et des autres viscères abdominaux ; on en compte une cinquantaine.

Au point de vue de leur forme, les muscles striés se divisent en quatre catégories :

1° Les muscles *fusiformes* qui sont allongés, renflés à leur milieu et effilés à leurs extrémités, comme ceux des membres ;

2° Les muscles en *éventail* qui ont une surface plane avec des fibres rayonnantes, comme les muscles temporaux ou les muscles pectoraux qui forment la saillie de la poitrine ;

3° Les muscles *circulaires* ou *orbiculaires*, tel que celui qui fait le tour des paupières ou celui qui entoure les lèvres et, les fait mettre en rond pendant le sifflement ;

4° Les *sphincters*, muscles en forme d'anneau faisant saillie dans l'intérieur de certaines cavités et leur servant normalement d'obturateurs ; ils cèdent sous la pression. Exemple : le *sphincter pylorique* située entre l'intestin et l'estomac ; le *sphincter anal* qui ferme l'extrémité terminale du gros intestin.

§ 1. **Structure des muscles striés.** — Un muscle strié se compose essentiellement de deux parties : 1° une partie rouge contractile et de consistance molle, qui est le *muscle proprement dit* ; 2° à chacune de ses extrémités une partie nacrée, très résistante et élastique, appelée le *tendon*, par laquelle le muscle s'attache solidement aux os

Si avec une fourchette on tire sur un morceau de bifteck ou mieux encore de bœuf bouilli, on se rend facilement compte que cette chair est formée de petits filaments parallèles, entre lesquels sont intercalées des petites membranes blanchâtres de tissu conjonctif qui les séparent les uns des autres.

Avec un peu d'habileté et en se servant d'aiguilles, on peut arriver à subdiviser chacun de ces filaments en certain nombre d'autres petits fils très fins, de 3 à 4 centimètres de longueur, auxquels on donne le nom de *fibres musculaires*. Pour se rendre facilement compte de la nature de ces fibres, il est indispensable de voir comment elles se développent chez l'embryon (fig. 54).

Tout au début, elles ne sont représentées, comme n'importe quel autre organe, que par des cellules de forme arrondie ; elles proviennent du *mésoderme*. Puis elles s'effilent peu à peu, leur noyau se divise un grand nombre de fois et les nouveaux se placent tous à la périphérie, au contact immédiat de la paroi, qui ne fait que s'allonger sans jamais se cloisonner. Le protoplasme, de son côté, au lieu de rester homogène comme au début, prend peu à peu des stries transversales qui commencent d'abord au voisinage de la membrane et finissent par s'étendre à travers toute l'épaisseur de la cellule ; d'autres stries apparaissent en même temps dans le sens longitudinal. La cellule ainsi modifiée s'appelle une *fibre musculaire striée*. Celle-ci n'est

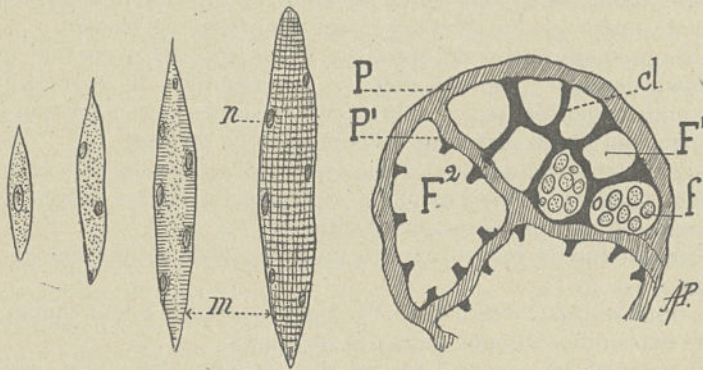


Fig. 54.

m, fibre musculaire en voie de développement ; *n*, ses noyaux. — A droite section transversale d'un muscle ; *f* fibre musculaire. — *F*¹, faisceau secondaire. — *F*², faisceau primaire. — *P*, péricmysium externe. — *P*¹, péricmysium interne.

donc qu'une cellule fusiforme, de 3 à 4 centimètres de longueur, avec de nombreux noyaux situés sous la membrane et un protoplasme régulièrement strié en long et en travers. Sa membrane est désignée sous le nom de *sarcolemme* ou de *myolemme*.

Cette structure est très différente, comme on le voit, de celle des *fibres conjonctives* et des *fibres élastiques* qui ne sont pas des éléments cellulaires, mais qui représentent tout simplement une substance interstitielle sécrétée par les cellules conjonctives.

La propriété physiologique vraiment caractéristique des fibres musculaires striées c'est de se *contracter* sous l'influence de la volonté et d'entraîner par suite les os sur lesquels elles sont fixées. A noter une exception remarquable pour le cœur, dont la masse charnue est uniquement constituée par des fibres striées et dont les mouvements échappent cependant à notre volonté.

La substance protoplasmique de la fibre présente une structure tout à fait spéciale :

elle est disposée sous la forme de petits disques empilés les uns sur les autres et alternativement longs et courts (fig. 55), les disques longs *a* sont foncés, les courts *bb* sont clairs et parcourus dans leur milieu par une bande foncée transversale *c*. Ils forment un grand nombre de files longitudinales étendues parallèlement les unes aux autres d'un bout de la fibre à l'autre. Chaque file de ces disques alternativement sombres et clairs constitue ce que l'on appelle une *fibrille musculaire*, laquelle, comme on le voit, n'est pas une cellule, mais tout simplement *une portion du protoplasme* de la fibre musculaire.

Ce sont les parois latérales et les parois transversales de ces disques qui forment respectivement les stries longitudinales et les stries transversales de la fibre musculaire.

Pendant les contractions musculaires, les disques sombres s'élargissent en prenant une forme plutôt sphérique, tandis que les petits disques clairs s'amincissent considérablement. Les auteurs ne s'entendent pas sur l'explication à donner de ces changements; pour certains, les disques clairs seraient formés d'une *substance liquide* qui, au moment des contractions, pénétrerait dans la substance protoplasmique plus dense qui constitue les disques foncés et en augmenterait la largeur.

Pour d'autres, les disques épais seuls seraient contractiles et diminueraient de hauteur pendant la contraction; tandis que les disques clairs seraient élastiques et gagneraient au contraire en étendue.

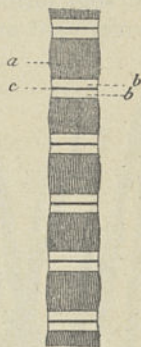


Fig. 55. — Fibrille musculaire (aile de l'hydrophile). (Hædon, *Physiologie*).
a, disque épais; *bb*, disque clair parcouru par une bande noire *c*.

Constitution d'un muscle entier et d'un tendon (fig. 54).

— Pour constituer un muscle tout entier, comme le biceps, par exemple, un certain nombre de fibres musculaires *f* s'accrochent les unes aux autres et forment ainsi un petit *faisceau secondaire* F^1 qui est entouré d'une fine enveloppe conjonctive *cl*. Puis un certain nombre de faisceaux primaires s'unissent à leur tour et en forment un autre plus important ou *faisceau primaire*, F^2 , également enveloppé extérieurement par une membrane conjonctive. Enfin, un certain nombre de ces faisceaux secondaires s'accrochent ensemble pour former le muscle définitif; ce dernier est entouré d'une autre membrane conjonctive plus épaisse que toutes les précédentes et que l'on appelle le *pérимыsium* (*péri*, autour; *mus*, muscle).

Toutes les enveloppes conjonctives, quelle que soit leur importance, sont d'ailleurs reliées les unes aux autres et ne sont en définitive que des prolongements du *pérимыsium* externe, ainsi que le montre la coupe transversale de la figure 54. Ce sont elles qui forment les petites membranes blanchâtres que l'on observe si bien dans un morceau de viande de bœuf bouilli.

Les fibres musculaires ne s'insèrent jamais directement sur l'os. Les extrémités des muscles longs se terminent par un ou plusieurs cordons blancs et nacrés, les *tendons*, qui sont constitués par un tissu conjonctif dans lequel dominant des faisceaux parallèles de fibres élastiques très résistantes. On les confond très fréquemment avec les nerfs, dont ils ont l'aspect brillant. Ces faisceaux ont une de leurs extrémités très intimement unie avec celle des fibres musculaires, tandis que l'autre pénètre dans le périoste et se continue même dans l'intérieur de la substance osseuse par des fibres spéciales, les fibres de Sharpey. La solidité de leurs attaches est telle qu'on peut suspendre des animaux de boucherie d'un poids considérable par les tendons des membres.

Les muscles plats ne se fixent pas par des tendons, mais par des lames formées également de tissu élastique et auxquelles on donne le nom spécial d'*aponévroses*.

§ 2. **Structure des muscles lisses.** — L'estomac, l'intestin et les autres viscères abdominaux sont formés d'une chair beaucoup plus pâle que les muscles rouges et constituée par une autre espèce de fibres musculaires que l'on qualifie de *fibres lisses*, parce que leur protoplasme est dépourvu de la double striation caractéristique des fibres striées. De plus, ces fibres lisses ne sont formées chacune que d'une simple cellule allongée en fuseau et renfermant un noyau unique ; leur protoplasme est amorphe et transparent (après l'action de certains réactifs tels que HCl très étendu, on y voit apparaître cependant des stries longitudinales très fines). Enfin, leur longueur maxima ne dépasse pas $0^{\text{mm}},2$ (fig. 56).



Fig. 56. — Fibres lisses.

Leurs propriétés physiologiques les distinguent encore des fibres striées : elles ne se contractent pas sous l'action de la volonté et les organes qu'elles constituent, estomac, intestin, etc., fonctionnent sans que nous en ayons conscience. Mais elles sont plus sensibles aux variations de température que les fibres striées. De plus leurs contractions sont *très lentes*, au lieu d'être brusques comme celles des muscles striés des membres.

On les appelle encore les muscles de la *vie végétative* par opposition aux muscles striés, qui sont qualifiés de muscles de la *vie animale* parce qu'ils président à la locomotion.

En résumé, le tissu musculaire est formé par deux sortes de cellules allongées en forme de filaments et qualifiées pour cette raison de *fibres* : 1° les fibres *striées* ou fibres *volontaires*, de 3 à 4 centimètres de longueur, avec plusieurs noyaux et un protoplasme à double striation ; 2° les fibres *lisses* ou *involontaires*, de $0^{\text{mm}},2$ de longueur, avec un seul noyau et un protoplasme dépourvu de stries.

§ 3. **Propriétés physiologiques des muscles.** — Elles sont au nombre de trois principales : l'*élasticité*, le pouvoir *électro-moteur* et la *contractilité*.

I. *Elasticité.* — On dit que les muscles sont *élastiques* parce qu'ils sont capables de se déformer sous l'action d'une force extérieure, et de revenir à leur forme et à leurs dimensions primitives lorsque cette force a cessé d'agir ; c'est ainsi qu'ils s'allongent lorsqu'on les tire, qu'ils s'amincissent lorsqu'on les presse et qu'ils reprennent ensuite leur état primitif dès que l'on cesse d'agir sur eux.

Leur élasticité est *parfaite* parce qu'après avoir été déformés, ils reviennent très exactement à leur forme antérieure, et l'on dit qu'elle est *faible* parce qu'ils n'y reviennent que très lentement.

Pour mesurer l'élasticité d'un muscle *m* (fig. 57) on immobilise l'une de ses extrémités entre les mors d'une pince et à l'autre extrémité on fixe une petite tige graduée, qui porte elle-même inférieurement un plateau *p* dans lequel on peut mettre des poids. On installe une lunette *l* en face de la règle graduée et l'on note la division *n* qui se trouve à son niveau. Puis on met un poids dans le plateau ; le muscle s'allonge et c'est la division *n'* de la règle

qui vient se placer en face de la lunette. L'intervalle compris entre n et n' représente l'allongement subi par le muscle sous l'action du poids p .

L'allongement n'est pas proportionnel au poids tenseur; il croit d'abord vite, puis plus lentement à mesure que la charge augmente et il y a une *limite d'élasticité* qui est bientôt atteinte; ainsi le gastrocnémien de la grenouille (muscle de la cuisse) ne revient plus exactement à sa longueur primitive quand il a été tiré par un poids de 50 grammes.

II. *Pouvoir électro-moteur*. — C'est la propriété que possèdent les muscles d'engendrer, quand ils sont au repos, des petits courants électriques qui sont dus aux actions chimiques et spécialement aux oxydations dont ils sont le siège (fig. 58). Cette propriété appartient d'ailleurs à tous les tissus vivants; mais elle est particulièrement développée dans les muscles et les nerfs.

Pour la mettre en évidence dans un muscle, on le coupe transversalement et on relie un point de sa surface naturelle et un point de sa section avec les fils d'un galvanomètre très sensible. Aussitôt l'aiguille dévie légèrement, ce qui indique l'existence d'un faible courant; et le sens de la déviation montre que ce courant va de la surface naturelle du muscle

à sa surface de section, en passant par le galvanomètre; sa surface est électrisée positivement et sa section négativement. La force électromotrice est environ de 0,1 d'élément Daniell. Dans l'intérieur du muscle il y a d'autres petits courants qui vont en sens inverse. Tous ces courants diminuent considérablement d'intensité et peuvent même disparaître si on fait contracter le muscle soumis à l'expérience; il y a eu suppression du courant de repos ou peut-être production d'un courant de sens inverse. La production d'électricité par les nerfs s'observe principalement chez certains poissons comme la torpille; cette dernière possède des organes capables de dégager de l'électricité sous une assez forte tension (*organes électriques*); en excitant les gros nerfs qui se rendent à ces organes, on obtient une décharge comparable à celle d'une bouteille de Leyde.

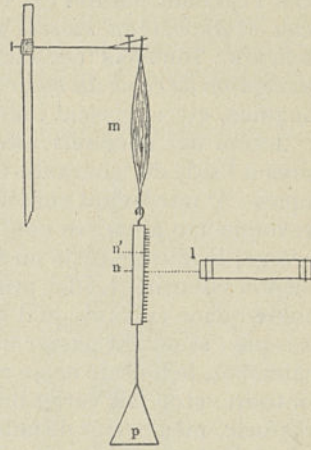


Fig. 57. — Appareil pour montrer l'élasticité des muscles.

m , muscle. — n , tige graduée. — l , lunette. p , plateau recevant les poids gradués.

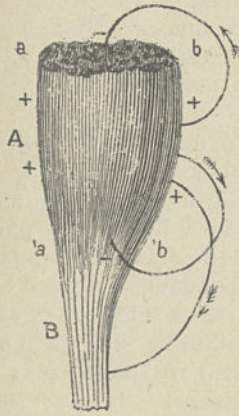


Fig. 58.

b , courant principal allant de la surface naturelle du muscle à sa section a . — b' , courants internes en sens inverse.

III. — La *contractilité* ou *irritabilité* est la propriété que possèdent les muscles de se contracter lorsqu'ils sont soumis à l'action de certains agents qui les excitent.

Il faut distinguer : 1° les excitants *mécaniques* (piqûre, pincement, section); 2° les excitants *chimiques* (contact d'un acide, d'un alcali, de la glycérine);

3° les excitants *thermiques* (variations de température); 4° les excitants *lumineux* (contraction des muscles de l'iris); 5° enfin les *courants électriques*. Mais l'excitant naturel est l'influx nerveux ou *volonté* élaboré par le cerveau et apporté au muscle par les nerfs qui jouent le rôle de simples conducteurs. Toutefois cet excitant n'a d'effet que sur les muscles striés, à l'exception de ceux du cœur; les muscles lisses (intestin, estomac, vaisseaux sanguins, etc.) agissent indépendamment de la volonté.

Action des courants électriques. — On étudie les contractions musculaires à l'aide de courants continus, mais surtout avec des courants faradiques : 1° un courant constant tel que celui d'une pile lancé dans un muscle provoque une première contraction à la *fermeture*, puis une seconde à l'*ouverture*; le muscle reste au repos pendant le passage du courant, quelle que soit son intensité. L'effet produit sur le muscle par l'électricité n'est pas du tout le même suivant qu'il s'agit d'un courant continu ou d'une décharge brusque; si on fait passer un courant continu d'abord faible, puis croissant lentement, le muscle ne se raccourcit que pour d'assez fortes intensités; au contraire, si on fait varier brusquement l'intensité, il se produit une secousse très forte, même pour de faibles intensités. Les contractions ne sont donc pas dues à l'intensité du courant, *mais aux variations de cette intensité*.

Dans les expériences de cette nature on électrise à la fois le muscle et ses filets nerveux; mais CL. BERNARD a démontré que la contractilité appartient en propre au muscle et non au nerf: il injecte à une grenouille du curare qui paralyse les nerfs moteurs ou plutôt leurs terminaisons intramusculaires et abolit par conséquent les mouvements volontaires; cependant, si on électrise les muscles, ils se contractent encore.

2° Si les excitations électriques sont répétées à des intervalles très rapprochés, les contractions seront elles-mêmes tellement rapprochées que le muscle n'aura pas le temps de revenir au repos entre deux contractions successives, et qu'il restera à l'état de contraction permanente; on dit alors qu'il est *tétanisé*. Ce résultat est obtenu quand le nombre des excitations atteint au minimum 30 à la seconde.

Cette téτανisation explique que quand on tient des deux mains les conducteurs d'un courant alternatif, on ne peut plus les lâcher.

Toutefois, il y a une certaine limite au delà de laquelle le téτανos ne se produit plus; c'est quand le courant est interrompu de 1 500 à 2 000 fois par seconde; dans ces conditions le muscle n'éprouve pas de contraction apparente et n'agit plus sur le myographe, bien qu'il soit cependant le siège d'un mouvement vibratoire capable d'actionner la membrane d'un téléphone; car tout muscle qui se contracte entre en vibration et produit un son que l'on entend facilement par exemple en contractant fortement les paupières; il correspond à 40 vibrations à la seconde d'après HELMHOLTZ.

L'action d'un courant alternatif sur l'organisme humain n'est donc pas la même suivant la fréquence de ce courant. Les courants industriels renversés 100 à 200 fois par seconde sont foudroyants; en Amérique, on exécute les condamnés à l'aide de courants de faible alternance.

Mais les courants de haute fréquence, c'est-à-dire ceux qui sont interrompus un grand nombre de fois dans un temps très court, peuvent traverser le corps sans produire la moindre sensation. On peut le montrer d'une façon élégante en faisant passer un courant de cette nature (un million de vibrations par seconde) à travers le corps d'une personne tenant à la main une

lampe électrique : celle-ci devient incandescente et la personne n'éprouve absolument rien.

Changement de forme du muscle pendant la contraction. — Le muscle long qui se contracte devient plus court et plus renflé ; mais il ne réalise pas sa contraction maxima dans ces conditions, car les os sur lesquels il est fixé exercent constamment sur lui une certaine traction ; il ne se raccourcit guère que d'un tiers et devient alors dur et résistant.

A l'état de repos au contraire le muscle est toujours légèrement étiré, car si on libère une de ses extrémités en sectionnant le tendon, il se raccourcit légèrement. Pour réagir contre cette tension habituelle, il est toujours un peu à l'état de contraction et présente ainsi une certaine fermeté; on traduit cet état en disant que le muscle au repos est tonique, terme qui explique une idée opposée à celle de ramollissement ou de flaccidité.

Si après avoir ainsi coupé un des tendons, on électrise le muscle, celui-ci se met en boule et n'a plus guère que 1/5 ou 1/6 de sa longueur primitive : il a ainsi réalisé sa contraction maxima.

Quel que soit son changement de forme, le volume du muscle reste très sensiblement constant pendant la contraction. On le démontre en mettant un muscle long dans un flacon complètement rempli d'eau et dont le bouchon est traversé par un tube vertical également rempli d'eau jusqu'à un certain niveau *n* (fig 59). Le muscle est relié à une pile P par deux fils qui traversent le bouchon. Sous l'action du courant le muscle se contracte et se gonfle; mais le niveau de l'eau reste constant dans le tube vertical en *n*, ce qui indique que le volume de la substance musculaire n'a pas varié non plus d'une manière appréciable. Des procédés plus sensibles ont montré qu'il y a en réalité une très légère diminution pendant la contraction.

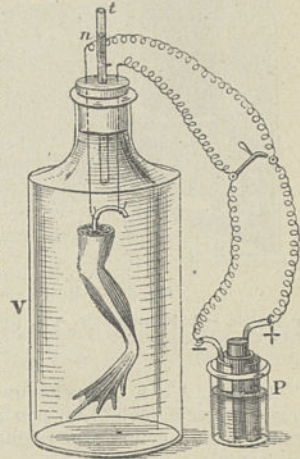


Fig. 59. — Appareil pour montrer que le muscle ne change pas de volume pendant sa contraction (HEDON, *Physiologie*).

V, vase rempli d'eau et contenant une patte de grenouille dont le nerf repose sur deux électrodes. — t, tube capillaire dans lequel l'eau du flacon s'élève jusqu'au niveau *n*. — P, pile.

Tonicité

§ 4. **Myographe.** — C'est un appareil destiné à analyser la durée et l'intensité des contractions musculaires. Un des modèles employés se compose essentiellement d'une longue tige horizontale L (fig. 60) dont l'une des extrémités est articulée et dont l'autre est effilée et peut par suite s'élever et s'abaisser dans un plan vertical. Cette dernière vient toucher la surface d'un tambour recouvert de noir de fumée pour qu'elle y laisse facilement sa trace, et auquel on imprime un mouvement de rotation à l'aide d'un appareil d'horlogerie qui est adjoint à l'appareil.

Lorsque l'aiguille se soulève, le tambour étant en mouvement, elle décrit sur ce dernier une ligne oblique ascendante; et lorsqu'elle retombe, elle décrit une ligne oblique descendante.

Cela étant dit, supposons qu'un muscle long *m* soit fixé par l'une de ses extrémités à l'aiguille du myographe *t*, tandis que l'autre est maintenue immobile entre les deux mors d'une pince également fixe. Si on vient à lancer le courant d'une pile dans ce muscle, celui-ci se raccourcit par son extrémité inférieure et soulève l'aiguille du myographe dont la pointe trace sur le cylindre noir une ligne oblique ascendante *c A* (fig. 61), d'autant plus élevée que l'intensité de la contraction est elle-même plus énergique.

Mais aussitôt l'aiguille redescend presque à son point de départ en *d*, indiquant que

le muscle est revenu à sa position primitive. La ligne *cAd* est donc l'inscription d'une contraction qu'a provoquée la fermeture du courant.

Pendant tout le temps que ce courant reste constant, l'aiguille reste immobile, parcourant l'espace *de*; si on l'interrompt brusquement le courant quand l'aiguille est en *e*, celle-ci monte tout à coup en B pour redescendre immédiatement après, enregistrant ainsi une nouvelle contraction.

Le sommet A ou B de la courbe est à peu près un angle aigu, ce qui indique que dès que le muscle a atteint le terme de sa contraction, il ne se maintient pas à cet état, mais qu'il commence immédiatement à se rallonger pour revenir à sa forme primitive.

Les contractions deviennent plus pénibles à la suite d'une longue période de travail musculaire et ce fait s'observe d'une manière très nette avec le myographe; le muscle frais et reposé se contracte avec une grande énergie et l'aiguille de l'appareil décrit une ligne ascendante presque verticale; au contraire, cette ligne est d'autant plus oblique que le muscle a été plus fatigué au préalable, et c'est avec une lenteur d'autant plus grande qu'il revient à sa forme primitive.

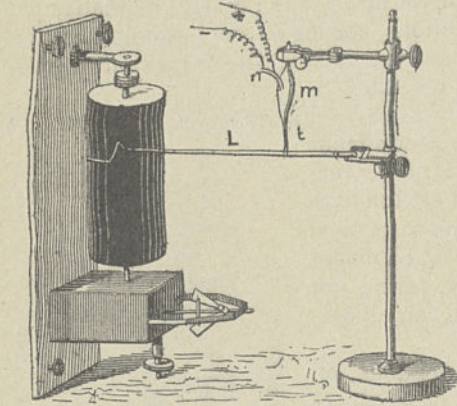


Fig. 60. — Myographe.

m, muscle. — *L*, levier mobile. — *t*, petite tige pour fixer le muscle.

La ligne *A d* a une pente un peu plus faible que l'oblique ascendante *c A*, ce qui prouve que le muscle revient un peu plus lentement à sa position primitive, mais il revient bien exactement à cette dernière puisque les points *c* et *e* se trouvent sensiblement sur la même horizontale.

L'intervalle *c d* représente la durée totale de la contraction et il est possible de l'évaluer exactement : si la ligne *c d* est le dixième de la circonférence du cylindre et que

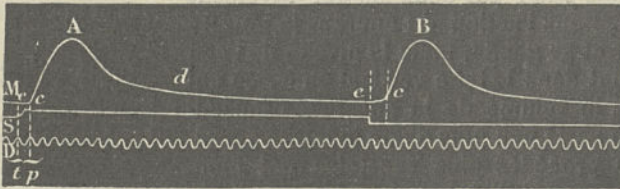


Fig. 61. — Tracé des contractions musculaires (HÉDON, *Physiologie*.)

La première secousse A produite à la fermeture du courant. — La seconde B, à l'ouverture. — L'excitation se produisant en *e*, la contraction ne commence qu'en *c*. — De *c* en *d*, contraction du muscle. — De *d* en *e*, le muscle est au repos, bien que le courant continue de passer. Chaque ondulation de la ligne dentelée inférieure représente $1/1000^{\circ}$ de seconde.

celui-ci fasse un tour en une seconde, pour faire un dixième de tour, c'est-à-dire pour parcourir *c d*, il mettra un dixième de seconde. La durée de la contraction est en effet de $1/6^{\circ}$ à $1/10^{\circ}$ de seconde.

La contraction ne commence pas immédiatement à la fermeture ou à l'ouverture du courant; entre la fermeture du circuit par exemple et le début de la contraction, il s'écoule toujours un petit intervalle *ec* correspondant à $1/100^{\circ}$ de seconde; c'est la période d'*excitation latente* pendant laquelle le muscle ne réagit pas encore à l'excitation qu'il vient de recevoir.

Le muscle tétanisé à l'aide d'une bobine de Ruhmkorff fournit la courbe suivante (fig. 62) : aussitôt le courant fermé, l'aiguille monte puis tend à redescendre; mais à peine a-t-elle esquissé son mouvement de descente que l'arrêt brusque du courant détermine une seconde contraction et une nouvelle ascension de l'aiguille. A peine celle-ci commence-t-elle à redescendre, qu'un nouveau courant la fait encore remonter, et ainsi de suite. Si les

excitations successives provoquées par la bobine sont très rapprochées (30 par seconde au minimum) le muscle reste à l'état de contraction permanente ou de *contracture* et l'aiguille décrit une ligne d'ondulations insensibles dans la hauteur de la courbe. Avec 8 excitations à la seconde, on a de très légères ondulations (B, fig. 62); elles sont plus accentuées avec 5 excitations (A, fig. 62).

Enfin, la courbe fournie par les muscles lisses est tout à fait différente de celle des muscles striés : la fibre lisse réagit beaucoup plus lentement à l'excitation électrique et revient à sa forme primitive encore avec une plus grande lenteur. Sa période d'excitation

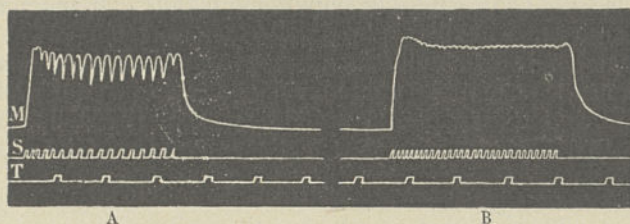


Fig. 62. — Contractions musculaires avec des excitations rapprochées (Hédon, *Physiologie*.)

En A, tracé fourni par le muscle M à raison de 5 excitations à la seconde. — En B, les secousses sont presque complètement fusionnées et le muscle imparfaitement tétaisé (8 excitations à la seconde).

latente est de 0,4 à 0,8 de seconde, et la durée de l'excitation est beaucoup plus longue que pour le muscle strié. Par exception, les muscles lisses de l'iris ont des contractions rapides.

§ 5. Terminaison des nerfs dans les muscles (Voir. p. 91).

§ 6. Nutrition, chaleur et travail musculaires (voir ch. XI, *Chaleur animale*).

§ 7. Fatigue musculaire et rigidité cadavérique. — Il se forme constamment dans le muscle vivant certaines substances de déchet dont une des principales serait l'*acide lactique*; dans les conditions normales cet acide est entraîné et neutralisé par le sang alcalin à mesure qu'il prend naissance; on y trouve également du phosphate acide de sodium. La proportion de ces substances acides est d'autant plus grande que le travail musculaire est lui-même plus considérable. Quand elles se trouvent en trop grande quantité à la suite d'un travail prolongé, le sang n'arrive pas à les entraîner assez vite; elles agissent alors sur les fibres musculaires dont elles coagulent la matière protoplasmique ou *myosine*; les muscles prennent ainsi une plus grande consistance et perdent leurs propriétés caractéristiques, l'élasticité et la contractilité.

De là une *fatigue musculaire*; il est vraisemblable que l'épuisement des substances nutritives s'ajoute à l'accumulation des matières de déchet pour la déterminer. On peut la faire disparaître par le *massage* qui active la circulation et débarrasse le muscle de ses matières coagulantes. On obtient expérimentalement le même résultat en injectant dans les vaisseaux d'un muscle fatigué du sérum artificiel (eau salée à 7 p. 1000) qui entraîne les substances de déchet.

Après la mort les muscles perdent rapidement leur élasticité et leur contractilité; ils deviennent raides et durs; ceux de la mâchoire inférieure sont rigides au bout de cinq ou six heures; puis ceux des membres et du tronc sont

gagnés à leur tour, et enfin la rigidité est complète au bout de dix à douze heures; elle ne disparaît que lorsque la putréfaction commence.

On l'explique également par la coagulation de la *myosine* sous l'effet de l'acide lactique; après l'arrêt de la circulation, cet acide reste dans les muscles et les coagule, sans compter qu'il continue à s'en former d'autres pendant les quelques heures que dure encore la vitalité des éléments anatomiques.

Lorsque la mort se produit à la suite d'une fatigue extrêmement intense, les muscles sont très acides et la rigidité apparaît souvent en quelques minutes; quelquefois même elle se produit instantanément, comme cela a été observé sur des champs de bataille chez des soldats qui avaient gardé la station verticale après avoir été atteints d'une balle mortelle. Chez les animaux de boucherie surmenés ou chez le gibier forcé, la rigidité apparaît aussi parfois instantanément.

§ 8. **Comment les os se déplacent-ils ?** — Ce sont les deux propriétés fondamentales des muscles, leur *contractilité* et leur *élasticité*, qui provoquent le déplacement des os. Pour préciser, prenons comme exemple les mouvements de flexion de l'avant-bras sur le bras (fig. 63).

Sur la face antérieure de l'humérus, s'étend un muscle fusiforme, le *biceps*, ainsi appelé parce qu'il s'attache supérieurement par deux tendons *m* et *n* au bord antérieur de l'omoplate; inférieurement il se fixe par un tendon unique *f* sur le radius (fig. 63).

Sous l'action de la volonté élaborée par le cerveau et conduite par des nerfs jusque dans le muscle, celui-ci se contracte en prenant son point d'appui sur l'omoplate qui reste fixe; son extrémité inférieure est par conséquent seule à se déplacer, et en se retirant elle entraîne naturellement avec elle le radius sur lequel elle est fixée; l'avant-bras se fléchit ainsi sur le bras et le biceps se renfle d'autant plus que la flexion est plus accusée (M, fig. 63).

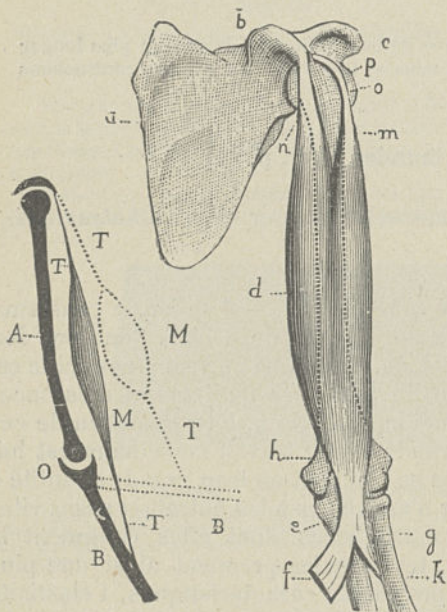


Fig. 63.

M, biceps au repos (en noir). — Le même M quand il est contracté (en pointillé) et qu'il a entraîné avec lui le radius B. — A, humérus. — T, tendon. — 2^e figure: le biceps *d* avec ses deux tendons supérieurs *m* et *n* et son tendon inférieur *f*.

Le *triceps* qui s'étend sur la face postérieure du bras, est l'antagoniste du biceps. Lorsque l'avant-bras a été plié sur le bras par ce dernier muscle, le triceps prenant appui à son extrémité supérieure, tire sur la tête du cubitus qu'il fait tourner autour de la poulie de l'humérus et ramène ainsi tout l'avant-bras dans le prolongement du bras. Il constitue donc le *muscle extenseur* de l'avant-bras, par opposition au *biceps* qui en est le *fléchisseur*;

le biceps, *obéissant à son élasticité*, est revenu à sa position primitive.

Ce sont donc les deux propriétés fondamentales des muscles, leur *contractilité* et leur *élasticité*, qui déterminent le déplacement des os.

Chaque muscle possède généralement deux points d'insertion, un fixe et un mobile. Quand le muscle se raccourcit, le point mobile se déplace et se rapproche du point fixe. D'ailleurs pour un même muscle le point fixe n'est pas immuable, et il peut devenir le point mobile lorsque ce muscle exécute le mouvement inverse du mouvement habituel. La même chose se passe dans toutes les articulations mobiles.

Autres exemples : le *biceps fémoral* situé sur la face postérieure de la cuisse fait plier la jambe en arrière pendant la marche ; les deux *muscles jumeaux*, qui forment la saillie du mollet, soulèvent le talon auxquels ils s'attachent inférieurement par un très gros tendon, le *tendon d'Achille* ; le *pectoral*, qui forme la saillie de la poitrine ramène le bras sur le devant du corps ; le *deltôïde*, qui forme la saillie de l'épaule, lève le bras tout entier, etc.

En outre, il existe souvent, surtout dans les membres, des muscles *antagonistes* qui agissent activement pour ramener dans leur position primitive des pièces osseuses auxquelles d'autres muscles ont fait subir un déplacement préalable. C'est le cas du *triceps* dont nous venons de parler ; le *quadriceps fémoral* étendu sur le devant de la cuisse est l'antagoniste du *biceps fémoral* en faisant étendre la jambe dans le prolongement de la cuisse pendant la marche. Citons encore comme antagonistes les muscles *abaisseurs* (3 paires) et les muscles *élevateurs* (4 paires) de la mâchoire inférieure ; les *muscles extenseurs* et les *muscles fléchisseurs* des doigts, etc.

§ 9. **Modes de locomotion.** — Les deux modes de locomotion sont la *marche* et la *course*.

Dans la *marche* chaque pas se décompose en trois temps : 1° une jambe est fixe ; l'autre, oscillante, repose en arrière sur le sol par la pointe du pied ; — 2° la jambe oscillante se lance en avant ; c'est la période de l'appui unilatéral ; — 3° la jambe oscillante croise la jambe fixe et retombe en avant sur le talon.

On appelle ces trois stades le *demi-pas postérieur*, le *stade de la verticale* et le *demi-pas antérieur*. Le corps ne quitte donc jamais le sol et la marche doit être regardée comme une série de chutes en avant interrompues par chaque jambe.

Dans la *course* l'accélération des pas est telle que la jambe oscillante lancée en avant n'est pas encore retombée lorsque la jambe fixe se soulève déjà à son tour ; le corps quitte ainsi complètement le sol pendant un temps très court en exécutant une série de plongeons en avant.

§ 10. **Leviers.** — Les trois genres de leviers se retrouvent dans le squelette : le levier proprement dit, qui est la barre rigide, est représenté par l'os ; le *point d'appui* se trouve dans l'articulation autour de laquelle l'os se meut ; la *puissance* est toujours représentée par le muscle en contraction et la *résistance* est l'effort à vaincre par le muscle (fig. 64 à 66).

1^{er} genre : articulation de la tête sur la colonne vertébrale. Le *point d'appui* C est l'articulation du crâne avec l'atlas ; il est placé entre la *résistance* R représentée ici par le poids de la tête qui tend à l'entraîner en avant,

et la *puissance* P représentée par les muscles de la nuque qui tirent vers le bas pour faire relever la tête (fig. 64).

2° *genre* : le pied, quand le talon se soulève pour la marche. Le *point d'appui* C est la pointe du pied qui s'appuie sur le sol; la *résistance* R est le poids du corps qui passe par la plante du pied et est dirigé verticalement vers le bas; la *puissance* P est représentée par les muscles du mollet qui

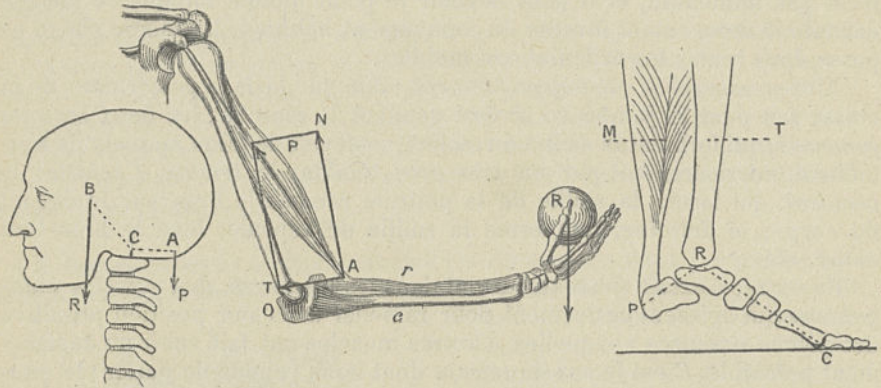


Fig. 64. — Levier du 1^{er} genre. Fig. 65. — Levier du 3^e genre. Fig. 66. — Levier du 2^e genre.

tirent vers le haut pour soulever le poids du corps. En appliquant le principe concernant les leviers, on a dans ce cas (fig. 66) :

$$P \times PC = R \times RC. \quad (1)$$

Chez les nègres, le talon est plus allongé, c'est-à-dire que PC est plus grand et par suite la puissance P diminue pour maintenir constante l'égalité (1); les muscles du mollet qui représentent la puissance P sont en effet plus grêles chez les nègres que chez les blancs.

3° *genre* : flexion de l'avant-bras sur le bras. [Le point d'appui est au coude O; la *résistance* R est le poids de l'avant-bras et de la main dirigé vers le bas; la *puissance* P est constituée par le biceps qui tire l'avant-bras vers le haut et dont l'insertion est en A entre le point d'appui et la résistance.

PRINCIPAUX MUSCLES

I. Muscles de la tête. — On en compte une soixantaine environ; les principaux sont :

1° Le *frontal* (1) qui recouvre l'os de ce nom et fait plisser la peau du front en se contractant ;

2° L'*orbiculaire* des paupières (2) qui fait fermer les yeux (pair);

3° L'*orbiculaire* des lèvres (9) qui fait arrondir la bouche lorsqu'on siffle ;

4° Le *buccinateur* fixé en avant sur le côté des lèvres et en arrière aux deux mâchoires : il fait élargir la bouche pendant le rire (fig. 68, en 2) ;

5° Les *muscles abaisseurs* de la mâchoire inférieure qui sont au nombre de trois paires; deux paires s'attachent inférieurement à l'os hyoïde et supérieurement à la face interne de l'os maxillaire inférieur (muscles *génio-hyoïdiens* 4, fig. 30 et *myo-hyoïdiens*);

La 3^e paire est formée par les *digastriques*, ainsi appelés parce qu'il sont composés de deux renflements ou ventres successifs, qui les rendent comparables chacun à deux muscles fusiformes réunis l'un à l'autre par un tendon moyen (5 et 5', fig. 68).

En effet, la première partie du muscle s'insère supérieurement à l'apophyse mastoïde du temporal, tandis que son extrémité inférieure s'attache à l'os hyoïde par un tendon qui s'engage dans une espèce de poulie que porte ce dernier os. Ce tendon se continue ensuite par une seconde partie musculaire qui remonte obliquement s'attacher à la face interne du maxillaire inférieur. Quand cette seconde partie se contracte en prenant son point d'appui sur l'os hyoïde, elle fait abaisser la mâchoire inférieure. La première partie, au contraire,

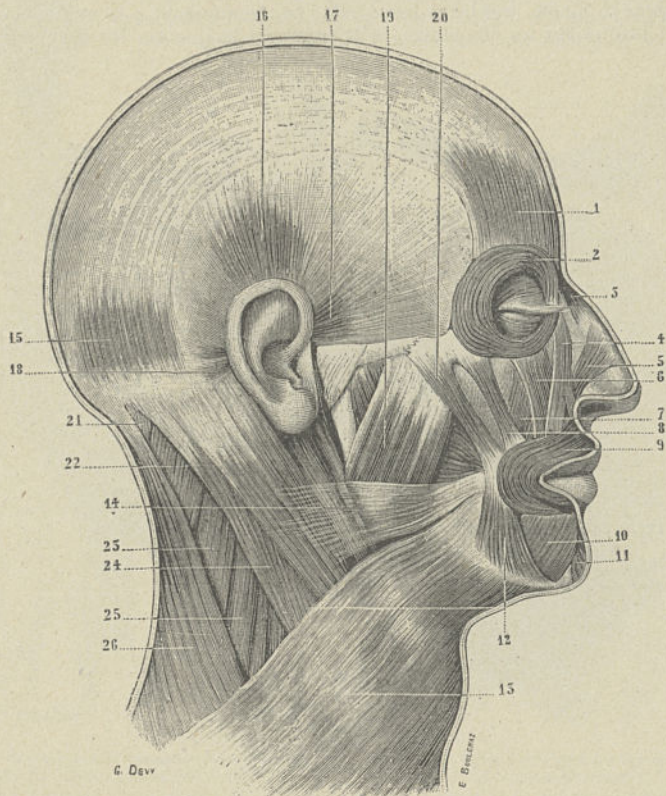


Fig. 67. — Muscles du crâne et de la face, couche superficielle (L. Testut, *Anatomie humaine*).

1, frontal. — 2, orbiculaire des paupières. — 4, élévateur du nez et de la paupière supérieure. — 9, orbiculaire des lèvres. — 13, peaucier du cou. — 15, occipital. — 19, masséter. — 24, sterno-cléido-mastoïdien. — 25, scalène postérieur. — 26, trapèze.

prenant son point d'appui sur le temporal, tire l'os hyoïde vers le haut pendant les mouvements de déglutition.

6° Les *muscles éleveurs* de la mâchoire inférieure qui sont au nombre de quatre paires :

a. Les deux *masséters* fixés supérieurement sur l'apophyse zgomatique du temporal et inférieurement sur les parois latérales du maxillaire inférieur ; ils forment le renflement des joues quand on serre fortement les dents (19, fig. 67).

b. Les deux *temporaux* fixés inférieurement sur l'apophyse coronoïde du maxillaire inférieur et qui remontent s'étaler en éventail sur l'os temporal ; quand on serre fortement les dents on sent la saillie qu'ils forment sur les tempes.

c. Enfin, les deux *ptérygoidiens internes* et les deux *ptérygoidiens externes* fixés supérieurement sur les apophyses ptérygoïdes du sphénoïde (7, fig. 42) et inférieurement, en obliquant, sur les branches montantes du maxillaire inférieur. Toutefois ceux-là tirent non seulement la mâchoire inférieure vers le haut, *mais ils lui communiquent encore des mouvements latéraux* : de droite à gauche et inversement, ainsi que des mouvements d'avant

en arrière et réciproquement. On les qualifie encore pour cette raison de muscles *divaricateurs*.

II. **Muscles du tronc.** — Ils sont au nombre de 190 environ. Les principaux sont : 1° le *grand pectoral* (1, fig. 70) qui forme de chaque côté la saillie de la poitrine, où il s'étale jusqu'à la clavicule et au sternum, et qui se rétrécit en arrière pour s'attacher à l'humérus : *il ramène le bras tout entier sur le devant du corps* ;

2° Le *trapèze* (2, fig. 69), très large muscle fixé supérieurement à la nuque et qui s'étend latéralement jusque sur les omoplates, inférieurement jusque sur les dernières vertèbres

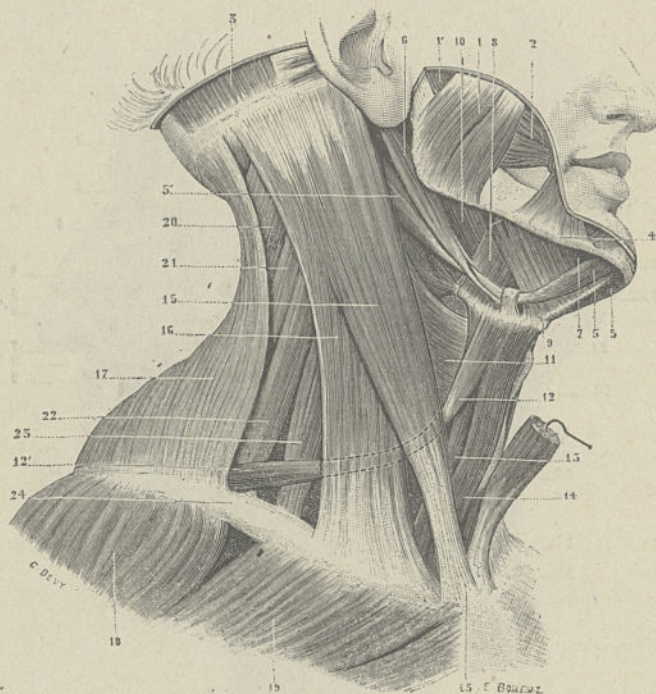


Fig. 68. — Région latérale du cou après l'enlèvement du peaucier (L. Tesrut, *Anatomie humaine*).

1, 1', masséter. — 2, buccinateur. — 3, occipital. — 4, ventre antérieur du digastrique. — 5, son ventre postérieur. — 6, stylo-hyoïdien. — 7, mylo-hyoïdien. — 9, os hyoïde. — 15, partie supérieure du sterno-cléido-mastoïdien. — 15', son insertion sur le sternum. — 17, trapèze. — 18, deltoïde. — 19, grand pectoral. — 22, scalène antérieur. — 23, scalène postérieur. — 24, clavicule.

dorsales où il se termine en pointe. En se contractant, il rapproche l'omoplate de la colonne vertébrale et *fait effacer l'épaule*; ou bien encore il tire la tête en arrière, l'épaule restant fixe ;

3° Le *grand dorsal* (4, fig. 69) occupe toute la partie latérale du tronc ; il s'attache supérieurement à la tête de l'humérus, inférieurement sur les dernières vertèbres et la crête de la hanche : *il tire le bras tout entier en arrière, du côté du dos* ;

4° Dans les parois de l'abdomen, le *grand droit* situé de chaque côté de la ligne médiane ; il n'est pas visible superficiellement parce qu'il est situé sous les larges aponévroses d'insertion des muscles grand oblique et petit oblique dont il sera question plus loin, aponévroses qui forment une grande surface blanche sur le devant de l'abdomen. Le long de la ligne médiane de l'abdomen, entre les deux muscles droits, se trouve une aponévrose étroite, la *ligne blanche*, qui s'étend de la pointe du sternum jusqu'à la symphyse pubienne.

En dehors du *grand droit*, et sur les côtés de l'abdomen, se trouve le *grand oblique* (10, fig. 70) qui, comme le précédent, s'étend du bassin jusqu'aux sept ou huit dernières

paires de côtes, sur lesquelles il s'étale en autant de digitations qui s'entrecroisent avec celles d'un autre muscle, le *grand dentelé* (8, fig. 70) ; les différentes branches de ce dernier ont une direction oblique descendante, s'étendent respectivement sur les neuf ou dix premières côtes et s'attachent supérieurement sur le bord interne de l'omoplate ; il soulève les côtes pendant l'inspiration ;

5° Les *scalènes* (22 et 23, fig. 68), fixés supérieurement sur la colonne vertébrale dans la région du cou, et inférieurement sur les premières côtes qu'ils soulèvent pendant la respiration ;

6° Les petits *muscles intercostaux* qui occupent les intervalles

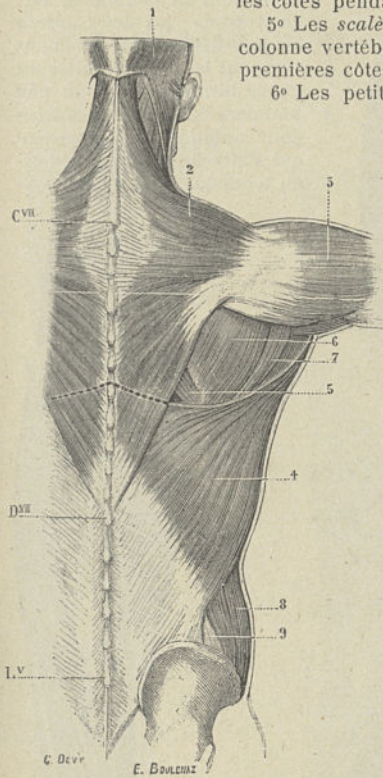


Fig. 69. — Région postérieure du tronc, couche superficielle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, occipital. — 2, trapèze. — 3, deltoïde. — 4, grand dorsal. — 8, grand oblique. — C.VII, 7^e vertèbre cervicale. — D.VII, 12^e vertèbre dorsale. — L.V, 5^e lombaire.

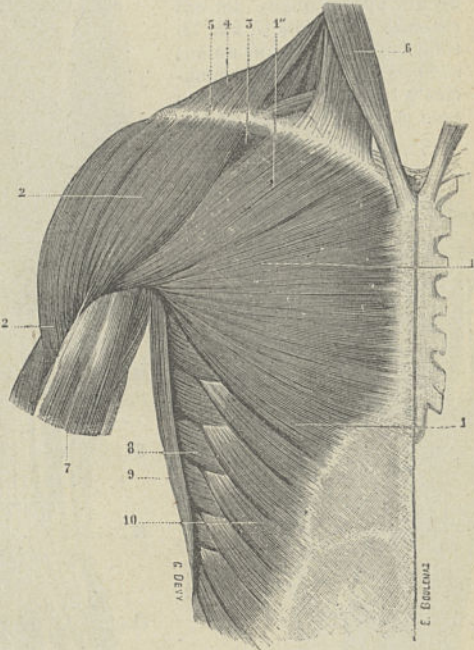


Fig. 70. — Paroi antérieure du thorax (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, grand pectoral. — 2, deltoïde. — 4, trapèze. — 5, clavicule. — 6, sterno-cléido-mastoiïdien. — 7, muscles antérieurs du bras. — 8, grand dentelé. — 9, grand dorsal. — 10, grand oblique de l'abdomen.

entre les côtes et qui sont placés sur deux couches : les *externes* dirigés d'arrière en avant d'une côte à l'autre, et les *internes*, placés d'avant en arrière sous les précédents ;

7° Les petits muscles *surcostaux*, au nombre de 12 paires, fixés chacun d'une part sur l'apophyse transverse d'une vertèbre dorsale, et d'autre part sur la partie postérieure de la côte immédiatement inférieure ; ils soulèvent légèrement les côtes pendant la respiration, en associant leur action à celle des intercostaux externes dont ils ont la direction ;

8° Le *diaphragme* (voir le ch. de la *Respiration*).

III. *Muscles des membres supérieurs*. — On en compte une cinquantaine pour chaque membre. Les principaux sont ;

1° Le *deltoïde* (2, fig. 70) qui forme la saillie de l'épaule et qui est fixé simultanément à la tête de l'humérus et aux deux os de l'épaule ; il élève le bras tout entier ;

2° Le *biceps* (2, fig. 71), qui a été étudié précédemment en détail, avec son antagoniste le *triceps brachial* ; au-dessous du biceps se trouve le *brachial antérieur* qui a la même direction que lui (il n'y a que quatre muscles au total le long du bras) ;

3° Dans l'*avant-bras* on compte 20 muscles fusiformes fixés supérieurement, pour la plupart, sur l'extrémité de l'humérus et inférieurement sur le radius ou les différentes

pièces de la main. Citons (1 et 2, fig. 73), qui font fléchir le bras : — le *rond pronateur* (5 fig. 73) insérés inférieurement fait tourner le radius mettre la paume de la main agissent en sens inverse. Tous l'avant-bras sur le bras. Puis *communs des doigts* (15, fig. 73) quatre tendons aux quatre fléchir sur la main. Ils ont *commun des doigts* (7, fig. 72) tre derniers doigts par autant sède pas moins de huit muscles à lui seul, dont un *extenseur* (6, fig. 72) et un *fléchisseur*

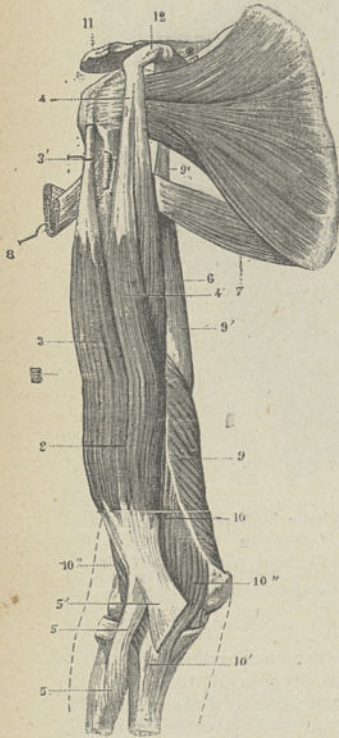


Fig. 71. — Face antérieure du bras, couche superficielle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, sous-scapulaire. — 2, biceps brachial avec ses deux tendons supérieurs, son tendon inférieur 5 et son expansion aponevrotique 5'. — 7, grand rond. — 10, brachial antérieur et son insertion au cubitus, 10'. — 11, acromion. — 12, apophyse coracoïde.

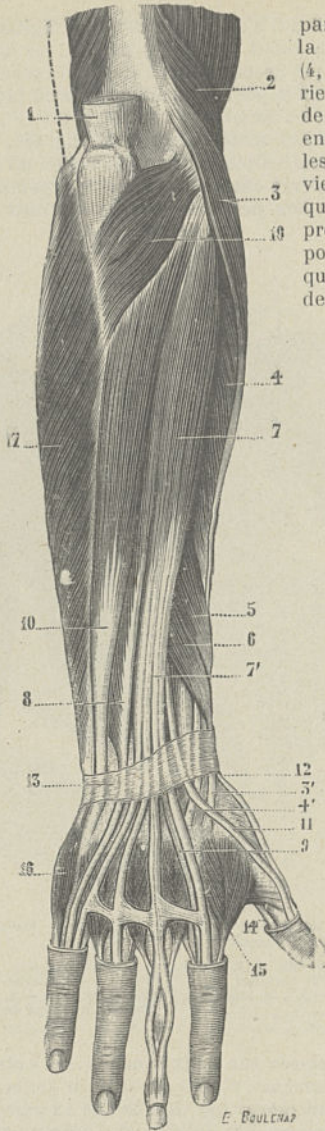


Fig. 72. — Muscles de la région externe de l'avant-bras, couche superficielle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, tendon du triceps. — 2, long supinateur. — 3, premier radial externe. — 3', son attache au 2^e métacarpien. — 4, deuxième radial externe, avec 4', son insertion au 3^e métacarpien. — 5, long abducteur du pouce. — 6, court extenseur du pouce. — 7, extenseur commun des doigts. — 7', ses quatre tendons. — 8, extenseur du petit doigt. — 9, tendon de l'extenseur propre de l'index. — 10, cubital postérieur. — 11, long extenseur du pouce. — 12, tendon du court extenseur du pouce. — 13, ligament annulaire postérieur du carpe. — 14, tendon du long fléchisseur du pouce. — 15, premier interosseux dorsal. — 16, adducteur du petit doigt. — 17, cubital antérieur.

parmi eux : les deux *palmaires* la main entière sur l'avant-bras (4, fig. 73) et les deux *supérieures* sur le radius ; le de dehors en dedans et fait en dessous ; les deux autres les trois fléchissent également viennent les deux *fléchisseurs* qui se terminent chacun par premiers doigts, pour les faire pour antagoniste l'extenseur qui s'attache aussi aux quatre tendons. Le pouce ne pos-

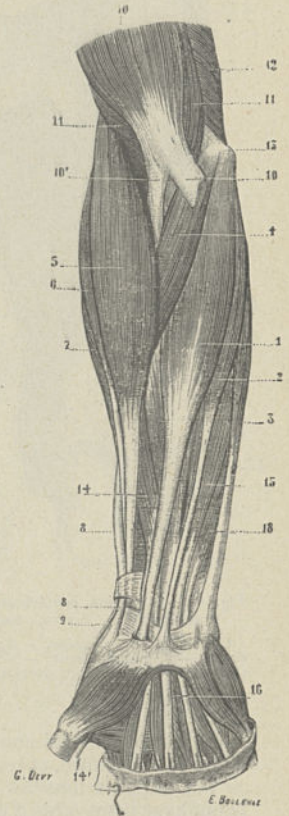


Fig. 73. — Région antérieure de l'avant-bras, couche superficielle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, grand palmaire. — 2, petit palmaire. — 4, rond pronateur. — 5, long supinateur. — 9, extenseur du pouce. — 10, biceps brachial avec 10' son tendon. — 11, brachial antérieur. — 12, triceps. — 13, 14', long fléchisseur du pouce. — 15, fléchisseur commun.

seur (14, fig. 73). C'est cette richesse musculaire qui le rend opposable aux autres doigts ;
 4° Enfin, dans la main il existe 49 muscles différents tous situés à la face palmaire, où ils assurent les différents mouvements des doigts ; la face dorsale de la main en est dépourvue.

IV. Muscles des membres inférieurs. — Chaque membre en renferme une cinquantaine

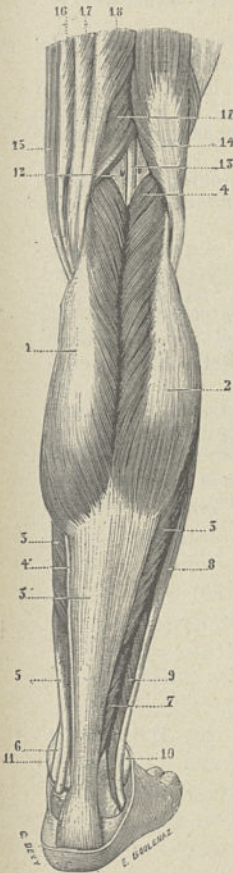


Fig. 74. — Face postérieure de la jambe (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1 et 2, les deux jumeaux. — 3, soléaire. — 3', tendon d'Achille. — 4, long fléchisseur des orteils. — 5, long fléchisseur du gros orteil. — 6, malléole externe. — 7, malléole interne. — 8, biceps de la cuisse. — 9, couturier. — 10, droit interne.

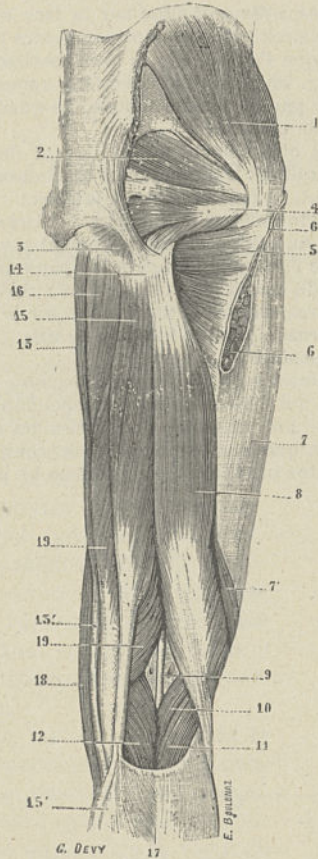


Fig. 75. — Face postérieure de la cuisse, couche profonde (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, moyen fessier. — 2, biceps de la cuisse avec ses deux tendons inférieurs. — 3 et 4, partie supérieure des jumeaux. — 5, ischion. — 6, couturier.

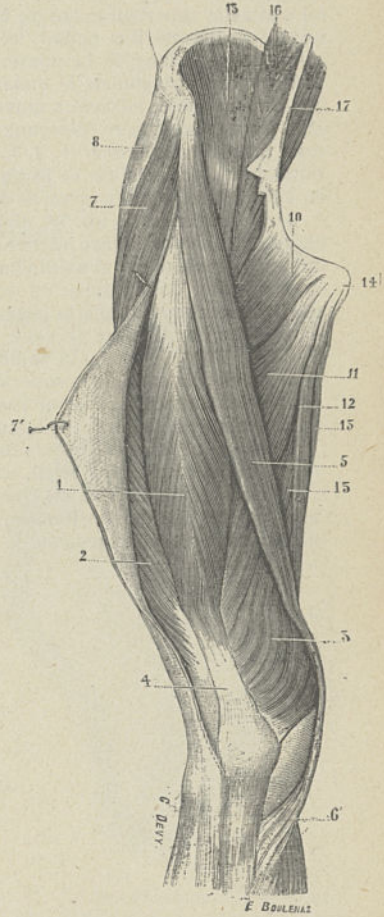


Fig. 76. — Face antérieure de la cuisse droite, couche superficielle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, droit antérieur. — 2, vaste externe. — 3, vaste interne. — 4, tendon inférieur du quadriceps. — 5, couturier attaché supérieurement à l'iliaque et inférieurement en 6. — 8, moyen fessier. — 9, petit fessier.

comme le membre supérieur. L'homologie des pièces osseuses entraîne celle des muscles, sauf quelques exceptions. Les principaux sont (fig. 74 à 76) :

1° Les trois fessiers qui forment de chaque côté la masse musculaire la plus volumineuse du corps et dont le plus important est le *grand fessier* qui recouvre les deux autres. Ils s'insèrent supérieurement dans la fosse iliaque externe et inférieurement sur le trochanter du fémur. Quand leur point fixe est sur l'iliaque, ils impriment à la cuisse un mouve-

ment de rotation de dedans en dehors ou étendent la cuisse dans le prolongement du bassin. C'est le *grand fessier* qui joue le rôle le plus important dans les mouvements d'extension de la cuisse ; il se contracte énergiquement dans le saut, l'ascension d'un escalier et dans l'action de se lever ;

2° Le *biceps fémoral* (8, fig. 75) situé à la partie postérieure de la cuisse, fléchit la jambe sur la cuisse et est l'homologue du biceps du bras : la position inverse de ces deux biceps est en rapport avec celle des articulations du coude et du genou ; le biceps fémoral s'attache supérieurement au bassin et au fémur par deux tendons distincts et inférieurement au péroné. Son action, très faible, est renforcée par sept autres muscles qui l'accompagnent le long de la cuisse.

Il a pour antagoniste le *quadriceps fémoral* situé sur la face antérieure de la cuisse et formé de quatre faisceaux musculaires qui s'insèrent par quatre tendons sur l'os iliaque et le fémur. Ces quatre faisceaux, que l'on appelle le *droit antérieur*, le *vaste externe*, le *vaste interne* et le *crural* (1, 2, 3, fig. 76), se réunissent inférieurement en un seul muscle et s'attachent sur la rotule et le tibia par un tendon unique. Le quadriceps étend la jambe en avant dans le prolongement de la cuisse ;

3° Le *courturier* (5, fig. 76) dirigé obliquement sur le devant de la cuisse, depuis l'os iliaque jusque sur la face interne du tibia ; il tire la jambe en dedans ; quand les deux courturiers se contractent simultanément, ils font croiser les jambes ;

4° Le long de la jambe, un certain nombre de muscles fusiformes — quatorze — insérés supérieurement dans la région du genou et inférieurement sur différents os du pied. Ils sont les homologues de ceux de l'avant-bras. Les principaux sont : les *deux jumeaux* (1, 2, fig. 74) qui forment la saillie du mollet en compagnie du *soléaire* (3) placé au-dessous d'eux : ils sont fixés supérieurement par deux tendons sur la base du fémur et se continuent inférieurement par l'énorme et unique *tendon d'Achille* (3') qui s'attache sur le calcanéum ; ils soulèvent le talon pendant la marche.

Puis viennent les *extenseurs communs* et les *fléchisseurs communs* des orteils, l'*extenseur* et le *fléchisseur* du gros orteil, etc. qui tous ont leurs correspondants dans la main ;

5° Enfin, dans le pied, on compte une vingtaine de muscles qui assurent les différents mouvements des doigts. Remarquer que leur homologie avec ceux de la main n'est pas absolument complète puisque le gros orteil n'est pas, comme le pouce, opposable aux autres doigts.

LIVRE II

LE SYSTÈME NERVEUX

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE ET STRUCTURE

§ 1. Développement du système nerveux; ses différentes régions. — Notre système nerveux présente une très grande complication à l'état adulte; aussi pour bien se rendre compte de son organisation générale, est-il indispensable d'en étudier le développement chez l'embryon et de suivre ses complications successives jusqu'à l'état adulte.

1° L'embryon présente de très bonne heure, le long de la future région dorsale, une ligne sombre qui se détache d'une manière très nette et que l'on appelle la *ligne primitive* (fig. 77); si on fait une coupe transversale de l'embryon à ce stade, on se rend compte que cette ligne sombre est tout simplement due à une espèce de gouttière formée par l'*ectoderme* (I, fig. 78).

2° Dans la suite, les deux bords de la gouttière se rapprochent progressivement, se soudent et finissent par se séparer complètement de l'*ectoderme*, engendrant ainsi un tube situé sous la peau de l'embryon et formé d'une seule assise de cellules. On l'appelle dès lors le *tube nerveux primitif* parce que c'est lui qui, dans son évolution ultérieure, va engendrer toutes les parties du système nerveux (II et III, fig. 78).

3° Une des extrémités de ce tube, celle qui est située du côté où se formera la tête, se développe bientôt en effet plus que le reste et prend d'abord trois renflements creux ou *vésicules nerveuses primitives*; puis la première et la troisième de ces vésicules se divisent à leur tour chacune en deux autres, formant ainsi cinq renflements successifs que l'on appelle les *cerveaux primitifs* parce que les différentes masses nerveuses qui en résultent

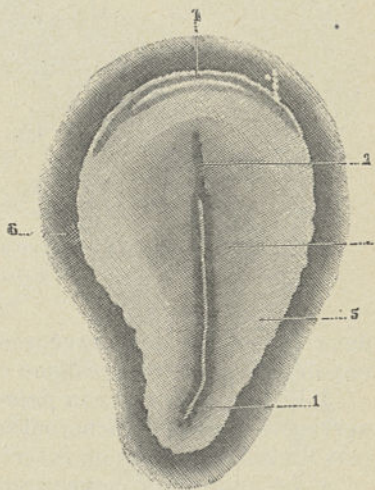


Fig. 77. — Développement de l'encéphale. — Embryon vu par sa face dorsale (L. TESTUT. *Anatomie humaine*).

1, ligne primitive. — 2, prolongement céphalique de la ligne primitive. — 3, mésoderme vu par transparence et formant une zone plus foncée autour de la ligne primitive. — 4, replis semi-lunaires de l'aire transparente. — 5, aire transparente. — 6, aire opaque.

teront ultérieurement seront enfermées dans la boîte crânienne. Les parois de ces cerveaux se renflent, s'épaississent très inégalement et chacun d'eux engendre les parties suivantes (IV, fig. 78) :

1° Le *premier cerveau* (cerveau antérieur) se divise incomplètement de très bonne heure, par un sillon profond, en deux moitiés qui constitueront les *hémisphères cérébraux* ou *cerveau proprement dit* ; il engendre également deux petites masses nerveuses pleines et symétriques appelées les *corps striés* ;

2° Le *second cerveau* (cerveau intermédiaire) forme en se développant

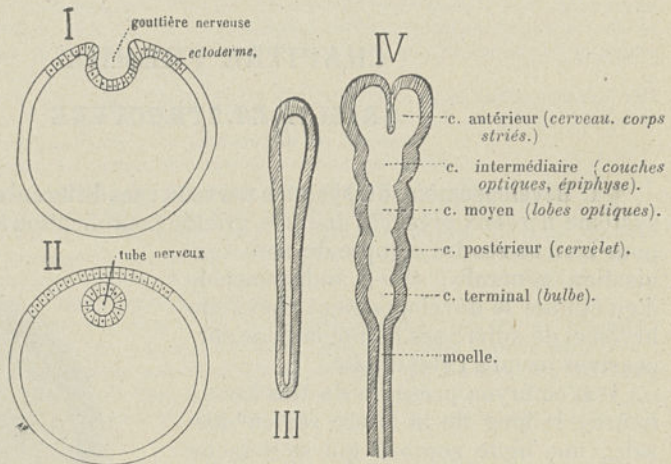


Fig. 78. — Développement de l'encéphale (suite).

Quatre stades successifs.

deux autres masses nerveuses appelées les *couches optiques* et un organe impair, l'*épiphyse* ou troisième œil des Vertébrés ;

3° Le *troisième cerveau primitif* (cerveau moyen) donnera quatre masses nerveuses d'où se détacheront les nerfs optiques et qui sont appelées pour cela les *lobes optiques* ou *tubercules quadrijumeaux* ;

4° Le *quatrième cerveau primitif* (cerveau postérieur) deviendra une masse nerveuse unique et complètement pleine, le *cervelet* ;

5° Enfin, le *cinquième cerveau primitif* (cerveau terminal) deviendra un cordon nerveux court et volumineux appelé le *bulbe*.

Toutes ces masses nerveuses vont se trouver logées dans la boîte crânienne qui se développe autour d'elles, et leur ensemble constituera ce que l'on appelle pour cette raison l'*encéphale*.

En outre, la partie postérieure du tube nerveux primitif qui n'a pris aucune part à la formation des cinq renflements précédents, persiste sous la forme d'un cordon qui ne fait qu'épaissir ses parois tout en s'allongeant (50 cent.) et qui, chez l'adulte, se trouve logé dans le canal central des vertèbres. Ce cordon s'appelle la *moelle épinière*.

Enfin, tout en se développant, les masses nerveuses de l'encéphale et le cordon de la moelle épinière poussent, à droite et à gauche, 43 prolongements ou *nerfs* ayant la forme de petites cordelettes nacrées qui vont se rami-

fier chacune dans une région déterminée du corps, de telle sorte qu'il n'y a pas le moindre organe ou le moindre muscle qui ne soit en communication avec la moelle ou l'encéphale.

Les 12 premières paires se détachent de l'encéphale et forment les *nerfs crâniens* ; le 31 autres paires se détachent de la moelle épinière et sont appelés les *nerfs rachidiens*.

En résumé, notre système nerveux comprend trois grandes parties : 1° l'*encéphale*, qui est l'ensemble des masses nerveuses logées dans le crâne ; — 2° la *moelle épinière*, cordon nerveux d'un centimètre de diamètre et de 50 centimètres de longueur, logé dans le canal rachidien ; — 3° les *nerfs*, ramifications des deux parties précédentes, qui s'épanouissent dans les différentes parties du corps.

Il faut en ajouter une quatrième non moins importante, consistant dans des nerfs un peu spéciaux qui se détachent des racines des nerfs rachidiens et vont innerver les organes de la vie végétative, cœur, poumons, tube digestif, etc. Ils forment le *système sympathique*.

FLEXION CRANIENNE. — Chez les Vertébrés les plus inférieurs (Poissons et Batraciens), les cinq cerveaux de l'encéphale restent en ligne droite avec la moelle épinière, les uns à la suite des autres, pendant toute la vie. Mais chez les autres Vertébrés et en particulier chez l'homme, ils n'ont cette position que pendant une partie de la vie embryonnaire ; il se produit de très bonne heure un coude au voisinage du cervelet, de telle sorte que le bulbe et la moelle épinière se placent à peu près à 90° des autres parties de l'encéphale. C'est ce qu'on appelle la *flexion crânienne* (A, fig. 79).

Mais ce n'est pas tout : le cerveau antérieur ou cerveau proprement dit prend un volume beaucoup plus considérable que les autres, et au lieu de conserver sa place tout à fait en avant de l'encéphale, il se développe considérablement en arrière, par-dessus les autres, et arrive à les recouvrir tous, y compris le cervelet. De telle sorte que lorsqu'on regarde l'encéphale par sa face supérieure, on ne voit absolument que le cerveau proprement dit, toutes les autres régions se trouvant situées au-dessous de lui (B, fig. 79).

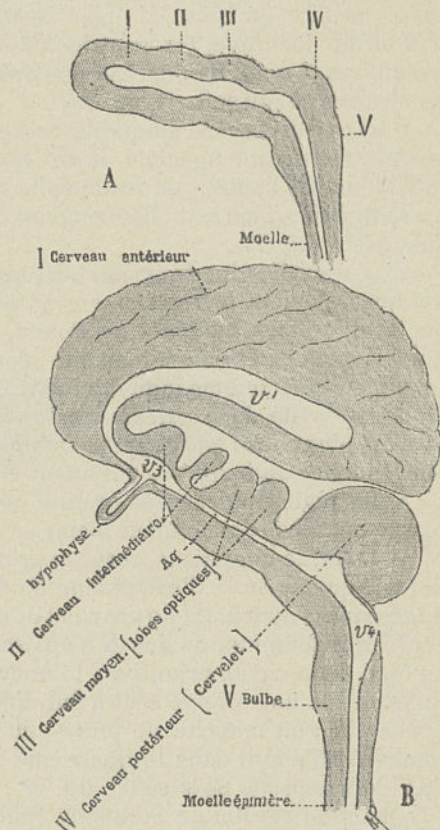


Fig. 79.

Développement de l'encéphale (suite).

A, la flexion crânienne produite au niveau du cervelet IV — I, II... V, mêmes explications que pour la figure B. — B, le cerveau antérieur s'est développé en arrière : v¹, 1^{er} ventricule ; v², 3^e ventricule. — Aq., aqueduc de Sylvius ; v⁴, 4^e ventricule.

Si on le regarde latéralement, on reconnaît, en arrière et au-dessous de lui, le *cervelet* ainsi que le bulbe et la moelle épinière qui ont une direction à peu près verticale (B, fig. 79).

VENTRICULES. — On donne ce nom aux différentes cavités de l'encéphale, lesquelles sont tout simplement les restes des cavités des cerveaux primitifs; à mesure que ceux-ci épaississent leurs parois et s'acheminent vers leur forme définitive, les ventricules deviennent eux-mêmes plus ou moins irréguliers et celui du *cervelet* disparaît même complètement. Chez l'adulte on observe ce qui suit (B, fig. 79) :

1° La cavité d'abord unique du cerveau antérieur s'étrangle en deux autres par une membrane spéciale, la *cloison transparente*, qui les isole complètement l'une de l'autre : on les appelle le *premier* et le *deuxième ventricules* ou *ventricules latéraux*; ils occupent chacun la partie centrale d'un hémisphère (*v*¹, fig. 79).

2° La cavité du *deuxième cerveau primitif*, limitée par les couches optiques, devient le *troisième ventricule*; il communique antérieurement par deux orifices, les *trous de Monro*, avec les deux ventricules latéraux, ce qui fait que ces derniers, bien que séparés par la *cloison transparente*, communiquent néanmoins indirectement l'un avec l'autre (*v*³ fig. 79).

3° La cavité du *troisième cerveau primitif* se rétrécit considérablement et n'est plus chez l'adulte qu'une simple fente, l'*aqueduc de Sylvius*, limitée par les lobes optiques et continuant en arrière le troisième ventricule.

4° Le quatrième cerveau primitif ou futur *cervelet* est à l'état adulte une masse nerveuse absolument pleine.

5° Enfin, le cinquième cerveau primitif ou *bulbe* ne présente sur sa face dorsale qu'une sorte d'excavation de forme triangulaire que l'on appelle le *quatrième ventricule*; elle provient de ce que la paroi dorsale de ce cinquième cerveau reste mince au lieu de s'épaissir comme le reste et finit par s'infléchir au fond de la cavité primitive; le nouveau ventricule formé dans ces conditions a donc une origine tout à fait différente des autres. Il est surmonté par le *cervelet*; un manche de porte-plume que l'on passerait sous ce dernier tomberait d'abord dans le quatrième ventricule, puis pénétrerait en avant dans l'*aqueduc de Sylvius* (*v*⁴, fig. 79).

Quant au cordon de la moelle épinière, il conserve à son centre un reste du tube nerveux primitif sous la forme d'un fin canal qui s'ouvre en avant dans la dépression du quatrième ventricule et que l'on appelle le *canal de l'épendyme*.

§ 2. **Structure du tissu nerveux.** — La substance nerveuse est essentiellement constituée par des cellules de formes et de dimensions très variables, mais qui toutes présentent un certain nombre de caractères communs.

Prenons comme exemple les cellules des cornes antérieures de la moelle épinière; leurs dimensions moyennes sont d'environ 50 μ . Chez le bœuf, elles atteignent 140 μ et sont visibles à l'œil nu; de telles dimensions sont rares dans les tissus animaux. Leur protoplasme est formé de fibrilles extrêmement fines (1, fig. 81); il renferme un noyau volumineux et est toujours dépourvu de membrane. De plus, elles possèdent deux sortes de prolongements (fig. 80) :

1° Des *prolongements protoplasmiques* ou *dendrites* généralement nom-

breux, ramifiés, de plus en plus effilés à mesure qu'ils s'éloignent du corps de la cellule et généralement terminés en pointe ; leur calibre est irrégulier parce qu'ils sont noueux, variqueux et quelquefois même hérissés de petits piquants ;

2° Le prolongement de *Deiters* ou *cylindraxe*, qui se distingue des précédents parce qu'il est unique pour chaque cellule nerveuse, qu'il est très régulièrement calibré sur toute son étendue et qu'il est constitué par un cor-

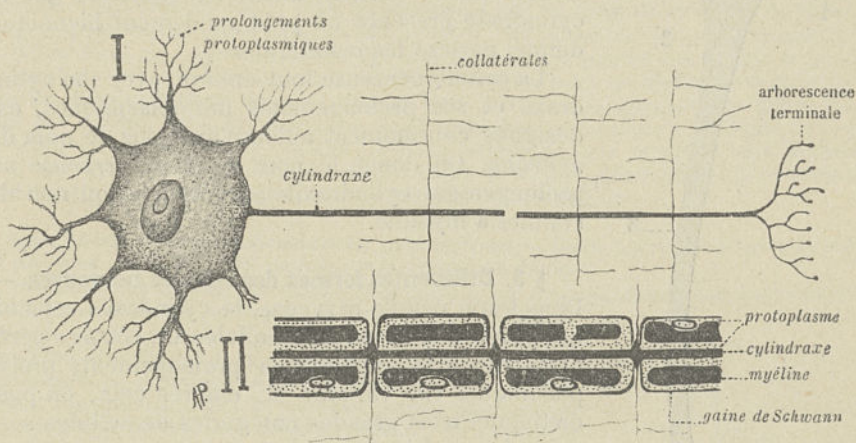


Fig. 80.

I, cellule nerveuse d'une corne antérieure de la moelle. — II, fragment de cylindraxe fortement grossi, et entouré de quatre cellules à myéline.

don de fibrilles extrêmement fines (*neurofibrilles*) qui sont le prolongement de celles du corps de la cellule (1, 2, 3, fig. 81).

Sa longueur peut être considérable. Ceux de certaines cellules de la moelle épinière se continuent sans interruption, croit-on, jusqu'à la périphérie du corps, dans l'intérieur des muscles. Il se termine toujours par un buisson de ramifications renflées à leurs extrémités. Il envoie lui-même sur tout son parcours de très fines ramifications appelées *les collatérales* qui s'en détachent à peu près régulièrement au niveau de petits renflements biconiques ; elles diffèrent des ramifications *protoplasmiques* par leur finesse, leur calibre constant et leur direction à peu près perpendiculaire au cylindraxe. Elles en envoient elles-mêmes d'autres qui pénètrent dans tous les tissus environnants.

Enfin le cylindraxe, au lieu d'être nu, est dans la plupart des cas protégé par un manchon de cellules graisseuses placées sur une seule assise ; elles proviennent de cellules conjonctives que le cylindraxe a rencontrées sur son passage et dont il s'est coiffé pour s'en faire une enveloppe protectrice.

Chacune de ces cellules est allongée, séparée des voisines par un étranglement et entoure complètement le cylindraxe à la façon d'un manchon qui serait percé de part en part pour livrer passage à ce dernier. Elles ont la propriété de sécréter une matière grasse phosphorée, d'aspect brillant, la *myéline*, qui repousse le protoplasme et le noyau à la périphérie. La présence de cette myéline au centre de la cellule enveloppante fait que le

cylindraxe se trouve entouré de deux gaines de protoplasme entre lesquelles est intercalé un manchon de myéline.



Fig. 81.

Origine d'une fibre à myéline (d'après SCHULTZE).

1, portion d'une cellule nerveuse. — 2, origine du cylindraxe (prolongement de Deiters). — 3, fibre nerveuse à l'état de cylindraxe nu. — 4, la même, s'entourant de myéline.

Tout à fait en dehors, il existe enfin une membrane endothéliale très fine, la *membrane de Schwann*, qui se moule exactement à la surface des cellules à myéline et présente les mêmes étranglements qu'elles. C'est au niveau de chacun des étranglements (*étranglements de Ranvier*) que le cylindraxe présente un petit renflement biconique duquel partent les collatérales.

La cellule nerveuse tout entière, avec son cylindraxe et ses prolongements protoplasmiques, est désignée couramment aujourd'hui sous le nom de *neurone*. On donne le nom de *fibre nerveuse* au prolongement cylindraxile accompagné ou non de cellules à myéline.

§ 3. Différentes formes des cellules nerveuses. —

Dans toute cellule nerveuse, le cylindraxe est unique, sauf dans quelques cellules de l'écorce cérébrale; mais le nombre des prolongements protoplasmiques est variable et, d'après cela, on peut distinguer trois grandes catégories de cellules :

1° Les *cellules multipolaires* à nombreux prolongements protoplasmiques telles que celles que nous venons de décrire (fig. 80) ;

2° Les *cellules bipolaires* ou à deux prolongements, un protoplasmique et un cylindraxile. Exemples : les cellules bipolaires de la rétine (fig. 144) ou encore les cellules en *cône* et en *bâtonnet* de la même rétine, dans lesquelles l'un des prolongements a la forme d'un cône ou d'un bâtonnet, au lieu de se terminer par un buisson d'arborisations comme c'est le cas le plus général (fig. 144) ;

3° Les *cellules unipolaires*, qui n'ont qu'un seul prolongement partant du corps cellulaire ; mais il se divise presque aussitôt en deux branches, dont l'une est le prolongement protoplasmique et l'autre le cylindraxe (g, fig. 88).

La taille des cellules nerveuses varie de 10 à 100 μ . Elles atteignent, comme nous l'avons dit, des dimensions exceptionnelles dans les cornes antérieures de la moelle épinière du bœuf (140 μ).

Dans tout organe nerveux il existe encore un grand nombre d'autres petites cellules nerveuses ou *cellules de la névroglie* qui n'ont que quelques μ de diamètre et servent d'éléments de soutien.

Elles sont couvertes de prolongements très fins et très nombreux, formant souvent un feutrage inextricable entre les cellules nerveuses ordinaires, d'où leur autre nom de *cellules en araignée* ; on les

trouve également moulées le long des fibres dans la substance blanche. Elles ont une origine ectodermique comme les autres.

§ 4. **Différentes sortes de fibres nerveuses.** — Elles se divisent en deux grandes catégories : les *fibres à myéline* et les *fibres sans myéline* ou fibres de Rémak :

1° Les fibres à myéline forment tous les nerfs qui se détachent du cerveau ou de la moelle épinière, à l'exception des nerfs olfactifs ; elles sont associées sous la forme de petits cordons blancs auxquels la myéline donne un aspect nacré. Elles sont quelquefois privées de la gaine de Schwann (nerfs optiques, substance blanche de la moelle et du cerveau). Dans tous les cas la fibre est totalement nue au sortir de sa cellule d'origine ; ce n'est qu'après un certain parcours (2 à 4, fig. 81) que la myéline fait son apparition.

2° Les *fibres sans myéline* sont réduites à un cylindraxe fibrillaire entouré par la gaine endothéliale de Schwann ; l'absence de myéline donne aux nerfs qu'elles forment un aspect grisâtre. Elles constituent les *nerfs olfactifs* ainsi que les *nerfs sympathiques* qui se rendent aux organes de la vie végétative (cœur, poumons, intestin, etc.). Au cours de leur développement embryonnaire, toutes les fibres nerveuses sans exception sont formées uniquement de cylindraxes nus et sont des fibres de Rémak ; la myéline et la membrane de Schwann, quand elles existent, se développent ultérieurement.

§ 5. **Conceptions sur la structure du tissu nerveux.** — Deux théories sont actuellement en présence : la *théorie des neurones* et la *théorie des réseaux*.

1° *Théorie des neurones.* — D'après cette théorie, qui s'est rapidement implantée depuis une dizaine d'années, la substance nerveuse serait formée par une agglomération de cellules distinctes ou neurones possédant chacune les deux sortes de prolongements protoplasmiques et cylindraxiles que nous avons décrits plus haut ; ces prolongements ne seraient jamais anastomosés entre eux ni avec ceux des neurones voisins ; ils ne feraient que s'enchevêtrer sans jamais s'unir n'ayant jamais entre eux que des rapports de *contiguïté* et jamais de *continuité* (fig. 82). Le neurone serait ainsi une véritable unité anatomique : ce serait aussi une unité physiologique active, car après son ablation sa fonction est supprimée et ne se maintient plus dans ses prolongements, qui entrent en dégénérescence. Quand on coupe un nerf, la partie qui se trouve séparée de ses cellules d'origine entre en dégénérescence ; c'est ce qu'on appelle la *dégénérescence wallérienne* (Waller, 1852).

Dans le cas de la fatigue cérébrale et dans le sommeil normal, les prolongements seraient un peu rétractés et ne se transmettraient plus l'influx nerveux, tandis qu'au cours du travail cérébral les buissons terminaux deviendraient légèrement turgescents, se rapprocheraient les uns des autres et laisseraient passer l'influx nerveux.

2° *Théorie des réseaux nerveux.* — D'après cette théorie, que l'on tente maintenant d'opposer à celle du neurone, la substance nerveuse ne serait formée que de fibrilles extrêmement fines ou *neurofibrilles* disposées en un réseau continu rappelant celui des capillaires sanguins, mais avec des dimensions plus petites. Les corps des cellules nerveuses seraient simplement implantés sur les mailles de ce réseau. On a décrit en outre des réseaux entourant des cellules nerveuses ; on en a même décrit un qui serait inclus dans le protoplasme de la cellule et un autre plus profond entourant le noyau et d'où partirait une grosse fibre motrice. Il résulte de tout cela que le neurone ne serait pas une unité anatomique ; d'un autre côté, son développement montre qu'il provient de plusieurs cellules embryonnaires. Il ne serait pas non plus une unité physiologique et jouirait d'une certaine indépendance vis-à-vis des neurofibrilles conductrices, car la suppression de certaines cellules ganglionnaires des centres nerveux n'altère pas les fonctions de ces centres. Tels sont les faits principaux sur lesquels est échafaudée cette nouvelle théorie.

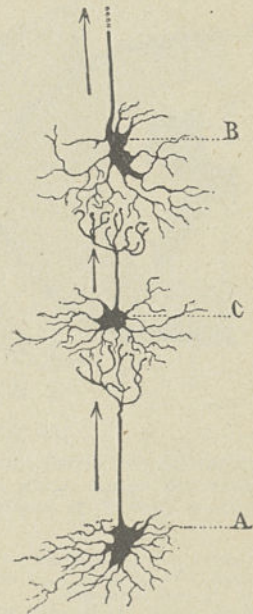


Fig. 82. — Association des neurones (L. Testut, *Anatomie humaine*).

Bien que la théorie du neurone soit vivement combattue depuis quelques années, nous continuerons de l'admettre dans l'étude qui va suivre, parce qu'elle a le mérite d'appliquer la théorie cellulaire à la substance-nerveuse, et qu'en somme la théorie des réseaux nerveux n'est pas encore complètement assise.

Nous allons étudier maintenant chacune des grandes régions du système nerveux au point de vue anatomique et physiologique, en commençant par la moelle épinière et en continuant ensuite par chacune des parties de l'encéphale.

CHAPITRE II

LA MOELLE ÉPINIÈRE

§ 1. **Conformation générale.** — La moelle épinière est un cordon nerveux d'un centimètre de diamètre environ, qui s'étend d'un bout à l'autre de la colonne vertébrale, abrité dans le canal rachidien; elle représente un prolongement de l'encéphale.

Elle commence juste au trou occipital; arrivée au niveau des vertèbres lombaires, après un trajet de 50 centimètres environ, elle s'effile en pointe et est accompagnée d'un paquet de nerfs, la *queue de cheval*, qui passent par les trous de conjugaison des vertèbres et se ramifient dans le bassin et les membres inférieurs (fig. 85).

Son poids moyen est de 27 à 28 grammes.

Son diamètre n'est pas absolument uniforme: elle présente un premier renflement au niveau des bras (*renflement brachial*) et un second au voisinage des vertèbres lombaires, là où prend naissance la queue de cheval (*renflement lombaire*) (fig. 85).

De plus, là même où son diamètre est uniforme, son cordon n'est pas parfaitement cylindrique: d'abord elle est profondément divisée en deux moitiés symétriques, l'une droite et l'autre gauche, par deux sillons longitudinaux: l'un s'étend sur la ligne médiane tout le long de la face antérieure et a 2 ou 3 millimètres de profondeur; le second, très étroit et moins profond, s'étend d'un bout à l'autre de la face postérieure. Ces deux sillons ne se rejoignent pas au centre de la moelle, où il persiste une bande étroite de substance nerveuse ou *commissure* réunissant les deux moitiés l'une à l'autre. Cette commissure est parcourue dans sa longueur par un canal très étroit, le *canal de l'épen-*

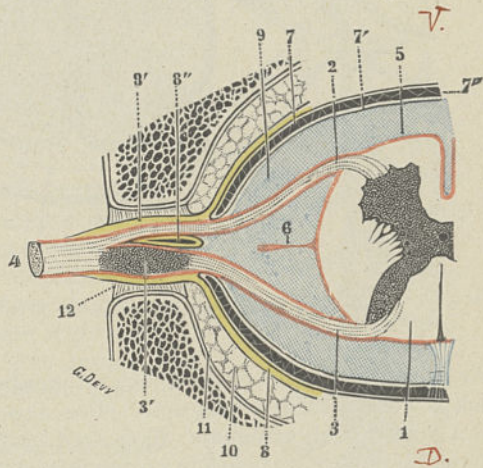


Fig. 83.

Coupe horizontale passant par le trou de conjugaison pour montrer la gaine durale des racines rachidiennes (*schématique*) (L. TESTUT. *Anatomie humaine*).

1, moelle épinière. — 2, racine antérieure. — 3, racine postérieure. — 4, nerf rachidien. — 5, pie-mère. — 6, ligament dentelé. — 7, arachnoïde. — 8, dure-mère avec 8', gaine durale des racines et du nerf rachidien; 8'', cloison conjonctive, séparant les deux gaines radiculaires. — 9, espace sous-arachnoïdien. — 10, trou de conjugaison. — 11, périoste. — 12, tractus conjonctifs allant de la gaine durale au périoste.

dyme, qui n'est pas autre chose qu'un reste du tube nerveux primitif.

En outre, chaque moitié de la moelle est parcourue de haut en bas par *trois autres sillons* qui sont, il est vrai, beaucoup moins accentués que les deux précédents, mais qui sont néanmoins assez accusés pour délimiter, à la surface de la moelle, quatre côtes longitudinales ou *cordons* qui s'étendent d'un bout à l'autre de cette dernière et que l'on appelle, d'après leur position : le *cordon antérieur*, le *cordon latéral* et le *cordon postérieur* qui est lui-même divisé en deux, le *faisceau de Goll* et le *faisceau de Burdach* (fig. 84).

Enfin la moelle est enveloppée extérieurement, sur toute son étendue,

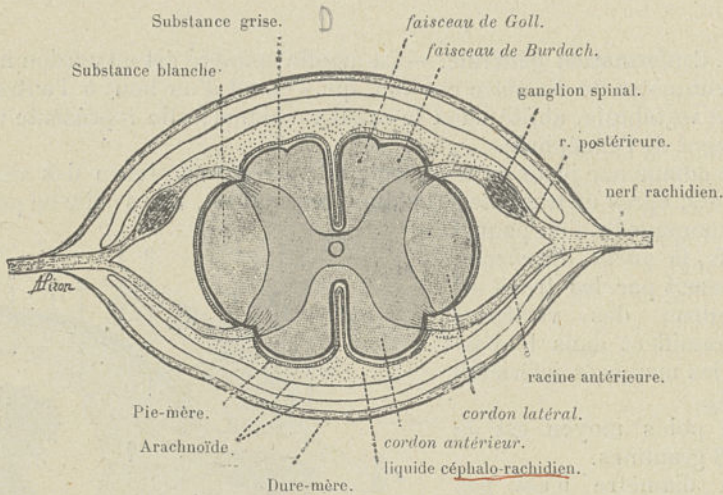


Fig. 84. — Coupe transversale de la moelle épinière (Schéma).

par trois membranes protectrices ou *méninges* dont une lui apporte en même temps des vaisseaux sanguins ; elles se continuent d'ailleurs plus en avant tout autour de l'encéphale. Elles sont également logées dans le canal rachidien, car ce dernier possède un diamètre à peu près double de celui du cordon nerveux. Ce sont (fig. 83 et 84) :

1° A l'extérieur, la *dure-mère*, membrane conjonctive très résistante qui constitue l'enveloppe protectrice par excellence de la moelle et est reliée au canal rachidien par des petits prolongements fibreux ; elle forme une sorte d'étui au sein duquel flotte librement la moelle épinière. A droite et à gauche, elle se continue jusqu'aux trous de conjugaison des vertèbres en enveloppant les racines des nerfs et se confond peu à peu avec l'enveloppe conjonctive de ces derniers.

2° Une membrane interne, la *pie-mère*, qui est très mince et intimement adhérente à la substance de la moelle, qu'elle suit sur toute sa surface et même jusqu'au fond des grands sillons antéro-postérieurs ; elle renferme les *vaisseaux nourriciers de la moelle*.

3° Entre ces deux membranes, se trouve une membrane séreuse, l'*arachnoïde*, formée comme toutes les membranes de cette nature par deux feuillets limitant un sac complètement clos. Le feuillet externe tapisse la dure-mère, mais l'interne n'est pas adjacent à la pie-mère ; il en est séparé par un inter-

valle assez large et lui est relié par des prolongements très fins, minces comme des fils d'araignée, qui ont valu précisément à cette séreuse son nom particulier d'arachnoïde.

De plus cette dernière sécrète, comme toutes les séreuses, un liquide particulier désigné sous le nom de *liquide céphalo-rachidien*, parce qu'il s'étend non seulement à la surface de la moelle ou *rachis*, mais encore tout autour de l'encéphale. Il est formé surtout d'eau (99 p. 100), de sels de potasse et de traces de matières albuminoïdes.

Toutefois, il existe à peine de ce liquide entre les deux feuillets, dont les faces internes sont simplement humectées; il est concentré dans l'intervalle compris entre la pie-mère et le feuillet interne, où il forme une sorte de manchon liquide au sein duquel est plongée la moelle; les vaisseaux sanguins de la pie-mère peuvent ainsi se dilater librement dans ce liquide lorsqu'il y a afflux de sang, sans produire de compression sur la matière nerveuse.

§ 2. Structure de la moelle. Nerfs rachidiens.

— La moelle est uniquement constituée par des cellules nerveuses; seulement les corps cellulaires, c'est-à-dire les masses protoplasmiques avec leurs noyaux, sont agglomérés au centre (fig. 88) où ils constituent une région légèrement grisâtre en forme d'H sur les coupes transversales, et que l'on désigne couramment sous le nom de *substance grise* (fig. 86 et 88).

Les différents cordons qui occupent la partie périphérique de la moelle sont au contraire essentiellement formés par les fibres ou cylindraxes qui se détachent des cellules nerveuses précédentes; cette région est communément appelée la *substance blanche* à cause de l'aspect brillant des fibres à myéline (fig. 88 et 89).

Ainsi, la figure 89 (à gauche) montre différentes cellules situées dans la substance grise et envoyant leurs cylindraxes à la périphérie où ils se divisent en deux branches, l'une montante et l'autre descendante, qui toutes deux prennent part à la formation de la substance blanche.

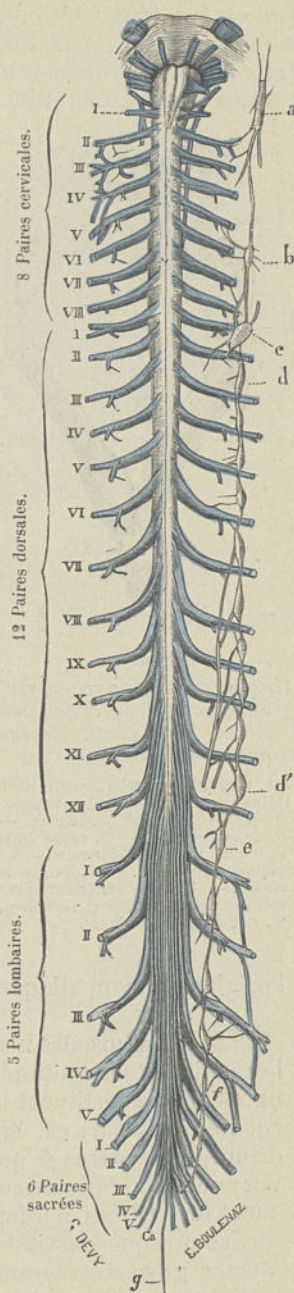


Fig. 85. — Face antérieure de la moelle montrant l'ensemble des nerfs rachidiens.

(L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

Les chiffres romains indiquent numériquement les paires rachidiennes. — A droite, est représenté le nerf du sympathique; du côté droit, a, b, c, ganglions cervicaux du sympathique; d, d', ganglions thoraciques; e, ganglions lombaires; f, ganglions sacrés.

Toutes les fibres s'étendent ainsi parallèlement d'un bout à l'autre de la moelle épinière et envoient sur tout leur parcours de fines ramifications dans l'intérieur de la substance grise.

Les pointes de l'PH de la *substance grise* sont appelées les *cornes antérieures* (3, fig. 86) et les *cornes postérieures* (4, fig. 86) parce que les premières sont dirigées vers la partie antérieure ou ventrale de la moelle, les autres vers la partie postérieure ou dorsale. De distance en distance, ces cornes se prolongent hors de la moelle et se continuent par 31 paires de gros cordons blancs ou *nerfs rachidiens* (*rachis*, dos) qui se répandent à la périphérie du corps, dans la peau et dans les muscles.

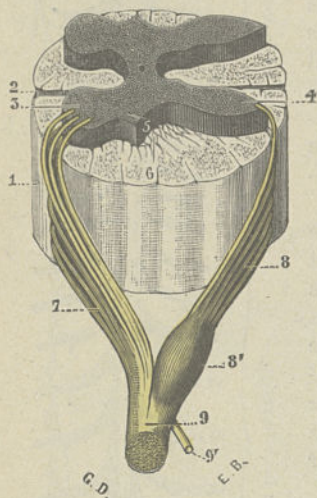


Fig. 86.

Un nerf rachidien avec sa racine antérieure et sa racine postérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, tronçon de moelle, vu par sa face latérale gauche. — 2, sillon médian antérieur. — 3, corne antérieure. — 4, corne postérieure. — 5, corne latérale ou tractus intermedio-lateralis. — 6, formation réticulaire. — 7, racine antérieure. — 8, racine postérieure avec 8', son ganglion. — 9, nerf rachidien, — 9', sa branche postérieure.

Chacun d'eux prend naissance par deux racines (fig. 86) : 1° une *racine antérieure* (7, fig. 86), cordon nerveux qui est le prolongement direct d'une corne antérieure ; 2° une *racine postérieure* (8), autre cordon nerveux qui est la continuation d'une corne postérieure de la moelle. Sur le trajet de cette dernière racine se trouve un renflement (8') appelé le *ganglion spinal* dont nous établirons plus loin le rôle important.

Les deux racines se dirigent l'une et l'autre vers le trou latéral ou *trou de conjugaison*, situé juste à leur niveau entre deux vertèbres, s'accolent ensemble *et forment ainsi un nerf unique* qui sort du canal rachidien par le trou de conjugaison (9, fig. 86). Dès sa sortie, ce nerf se subdivise immédiatement en trois branches : l'une qui se rend dans la région dorsale du corps, une autre dans la région ventrale et une troisième qui constitue

l'origine du sympathique (fig. 114).

§ 3. *Structure des nerfs.* — La *racine antérieure* d'un nerf est formée par la réunion d'une multitude de cylindraxes *fm* envoyés par des neurones (*m*, fig. 88) qui constituent la corne antérieure d'où se détache cette racine. La *racine postérieure* est également formée par l'association d'un grand nombre de fibres nerveuses *fs* qui prennent naissance dans le *ganglion spinal* situé sur cette racine postérieure même (G, fig. 88). Ce ganglion est formé uniquement de cellules pyriformes *g* possédant un prolongement unique qui se divise presque aussitôt en deux autres ; l'un d'eux *r* pénètre dans la substance grise et se termine par un buisson de ramifications au contact des cellules *m* des cornes antérieures ; l'autre se dirige vers la périphérie et prend part à la formation de la racine postérieure.

Le cordon nacré qui constitue un nerf rachidien est donc formé par une multitude de fibres nerveuses parallèles, les unes venant de la racine antérieure, les autres de la racine postérieure.

Un certain nombre de ces fibres s'associent d'abord en petits *faisceaux n* (fig. 87) de calibre très variable, entourés chacun d'une petite gaine conjonctive *p* ou *membrane de Henle*; puis un certain nombre de ces faisceaux s'accolent les uns aux autres et forment un cordon plus volumineux qui est le *nerf* tout entier. Une membrane conjonctive plus épaisse que les précédentes et que l'on appelle le *névritème* ou *épinèvre*, entoure enfin le nerf et envoie des prolongements autour des différents faisceaux.

A mesure qu'un nerf s'éloigne de la moelle, il se subdivise en ramifications de plus en plus fines qui sont toujours enveloppées de leur épinèvre et qui vont se perdre finalement dans la peau ou dans l'intérieur des muscles.

Mais parvenues à la périphérie du corps, les fibres des deux racines s'isolent de nouveau et se terminent dans deux régions différentes (fig. 88):

1° Les cylindraxes *fm* (fig. 88) qui viennent des racines antérieures, s'épaouissent chacun en un buisson d'arborisations dont les extrémités sont un peu renflées et se mettent en contact intime avec la substance musculaire (M, fig. 88) qui, à cet endroit, perd sa double striation caractéristique et prend un aspect granuleux. A ce niveau, il y a pour ainsi dire fusion com-

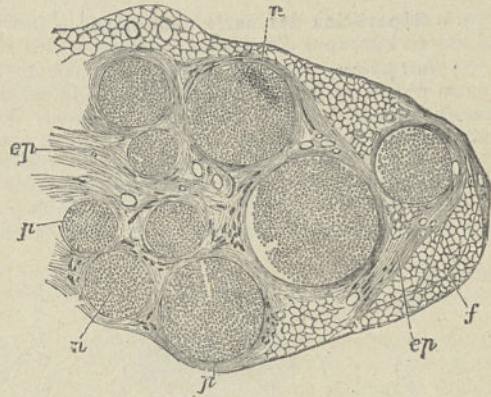


Fig. 87. — Coupe transversale d'un nerf entier (KLEIN).

cp, épinèvre. — *p*, périnévre ou gaine de Henle. — *n*, fibres nerveuses constituant un faisceau nerveux. — *f*, tissu grasseux entourant le nerf.

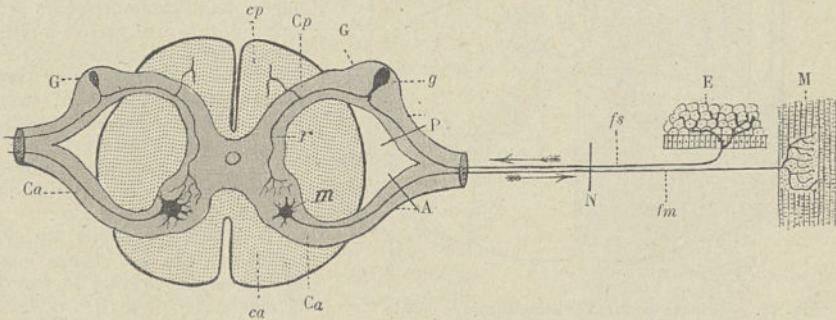


Fig. 88. — Coupe transversale de la moelle et origine des nerfs.

ca et *cp*, cordon antérieur et cordon postérieur. — *A* et *P*, racine antérieure et racine postérieure. — *Ca* et *Cp*, corne antérieure et corne postérieure. — *G*, ganglion spinal avec une de ses cellules pyriformes *g*. — *m*, cellule motrice de la corne antérieure. — *fm* et *fs*, fibre motrice et fibre sensitive du nerf. — *E*, épiderme. — *M*, muscle.

plète entre la matière nerveuse des cylindraxes et celle du muscle, afin que celui-ci reçoive d'une façon parfaite les *excitations motrices* que ces cylindraxes lui amènent par le procédé que nous établirons plus loin ;

2° Les fibres *fs* (fig. 88), qui viennent des racines postérieures, se termi-

ment chacune par un buisson de ramifications effilées qui se perdent *entre les cellules vivantes de l'épiderme* E ou bien elles se terminent par des petits boutons dans l'intérieur des organes tactiles situés généralement dans la peau.

§ 4. Répartition des nerfs rachidiens. — Les 31 paires de nerfs rachidiens se répartissent en 4 groupes d'après les régions où elles se trouvent (fig. 85) :

1° *Huit paires cervicales* qui se détachent de la moelle dans la région du cou ; les quatre premières paires forment à leur origine, de chaque côté, un enchevêtrement ou *plexus cervical* duquel part le *nerf phrénique* qui innerve le diaphragme. Les quatre autres paires forment le *plexus brachial* qui se continue par les différents nerfs du bras ;

2° *Douze paires dorsales* situées dans la région du dos, au niveau des vertèbres du même nom, et qui s'étendent très symétriquement entre les côtes sans s'anastomoser. La première prend part toutefois à la formation du plexus brachial ;

3° *Cinq paires lombaires* situées au voisinage des reins et formant de chaque côté le *plexus lombaire* d'où se détache le *nerf crural* qui innerve la partie antérieure de la cuisse ;

4° *Six paires sacrées*, au niveau du sacrum, forment le *plexus sacré* ; celui-ci se continue de chaque côté par le *nerf sciatique*, large ruban de 2 centimètres de largeur qui constitue le plus volumineux de tous les nerfs ; il suit la cuisse le long du fémur, puis se subdivise en deux branches principales qui se continuent le long de la jambe jusqu'aux extrémités inférieures.

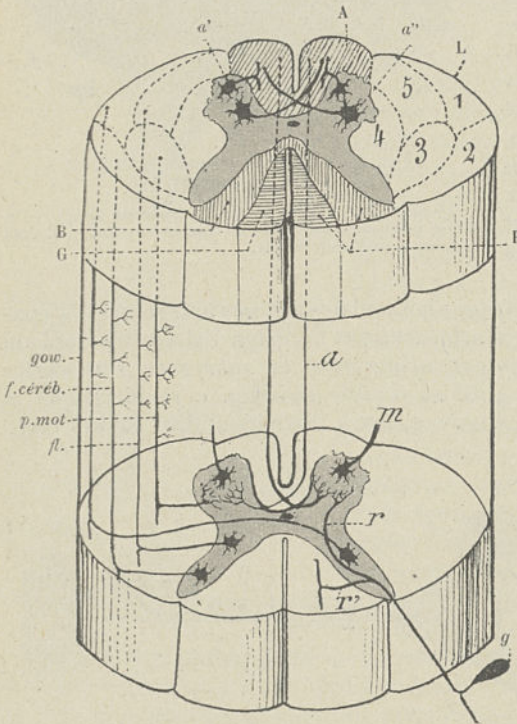


Fig. 89. — Schéma montrant la structure de la moelle.

A, cordon antérieur. — a, a', a'', ses trois catégories de fibres. — m, cellules motrices des cornes antérieures — P, cordon postérieur subdivisé en faisceau de Goll G et faisceau de Burdach B. — g, cellule du ganglion spinal avec ses branches r et r'. — L, cordon latéral subdivisé en cinq faisceaux : faisceau de Gowers (1), avec ses fibres gou ; faisceau cérébelleux (2), avec ses fibres f. céréb ; faisceau pyr. moteur croisé (3), avec ses fibres p. mot ; faisceau latéral profond (4) et faisceau fondamental (5) avec leurs fibres fl.

capables d'élaborer des mouvements réflexes, ce qui les fait qualifier de *cellules motrices*.

2° Les *cordons antérieurs* de la moelle sont formés de *fibres* de trois origines (fig. 89). Les premières a prennent naissance dans les grandes cellules pyramidales du cerveau et descendent en droite ligne le long du bulbe et de la moelle : mais à mesure qu'elles descendent dans la moelle, elles s'inclinent successivement par petits paquets vers le centre,

§ 5. Structure de la substance grise et de la substance blanche. — Les cellules de la substance grise sont toutes multipolaires ; leurs prolongements protoplasmiques, ramifiés et courts, restent dans la substance grise, tandis que leurs cylindraxes, *pourvus de myéline*, s'en échappent pour aller former la *substance blanche et les nerfs*.

On divise ces cylindraxes en plusieurs catégories d'après leur origine et leur direction :

1° Les cylindraxes de certaines cellules des cornes antérieures (m, fig. 88 et 89) sortent de la moelle par paquets à certains niveaux, et chaque paquet est la *racine antérieure* d'un nerf rachidien ; cette racine se réunit un peu plus loin à la *racine postérieure* pour former le nerf rachidien entier. Nous démontrerons plus loin que ces cellules sont

traversent la commissure blanche et se terminent du côté opposé par des buissons d'arborisations au contact des grandes cellules motrices *m* de la corne antérieure. Ces fibres ramenant du cerveau les excitations motrices, leur entrecroisement dans la moelle nous donnera l'explication de la marche entrecroisée de la volonté. Elles forment le faisceau pyramidal direct de Türk.

Les fibres de la seconde catégorie proviennent de cellules *a'* situées dans les cornes antérieures ou dans les cornes postérieures du même côté; elles ont deux branches, l'une montante et l'autre descendante, qui pénètrent de nouveau dans les cornes antérieures après un court trajet et s'y terminent par des arborisations; elles relient les étages rapprochés.

Enfin, une troisième catégorie de fibres est envoyée par des cellules *a'* situées dans les cornes antérieures du côté opposé; elles se terminent, après un certain parcours longitudinal, dans les cornes antérieures.

3° Les cordons postérieurs (P, fig. 89) sont subdivisés chacun en un faisceau de Goll G et un faisceau de Burdach B; ils sont essentiellement constitués par des fibres venant des cellules du ganglion spinal (G, fig. 88); le prolongement d'abord unique de chacune de ces cellules *g* se divise en deux branches après un très court trajet, une externe et une interne.

Les prolongements externes de toutes les cellules du ganglion s'associent en un gros cordon qui est la racine postérieure du nerf et qui se réunit un peu plus loin à la racine antérieure pour former le nerf entier.

Le prolongement interne pénètre dans la moelle et s'y divise en trois branches principales (fig. 89) : une première *r* va se terminer par un buisson de ramifications au contact des cellules motrices *m* de la corne antérieure; une seconde branche *r'* (fig. 89) se divise en deux autres, l'une montante et l'autre descendante, qui constituent les cordons postérieurs. Ceux-ci renferment également quelques fibres venant de cellules situées dans les cornes postérieures.

4° Chaque cordon latéral L (fig. 89) se subdivise en cinq faisceaux constitués par des fibres de diverses origines. Ce sont (fig.) : 1° le faisceau sensitif croisé de Gowers (1), formé de fibres *gow.*, envoyées par des cellules appartenant à la corne postérieure du côté opposé et qui montent ensuite tout droit dans la moelle; — 2° le faisceau cérébelleux sensitif et direct (2), formé par des fibres *f. céréb.* envoyées par des cellules situées dans les cornes postérieures du même côté; — 3° le faisceau pyramidal moteur croisé (3), formé de fibres *p. mot.* qui prennent naissance dans les grandes cellules pyramidales du cerveau et descendent d'abord dans le bulbe où elles s'entrecroisent, puis tout le long de la moelle en envoyant des ramifications dans la substance grise; — 4° enfin le faisceau latéral profond (4) et le faisceau fondamental (5), formés tous deux de fibres *fl.* venant de toutes les régions de la substance grise, aussi bien des cornes antérieures que des cornes postérieures; on les appelle des fibres d'association, parce qu'elles rentrent dans la substance grise après un trajet très court et qu'elles relient entre eux les différents étages de cette substance.

§ 6. Terminaison des nerfs dans les muscles. —

Les ramifications les plus fines des nerfs sont réduites à une seule fibre à myéline quand elles se terminent dans les muscles. Lorsque cette fibre nerveuse arrive au contact d'une fibre musculaire, elle est encore enveloppée de sa gaine conjonctive de Henle (3 fig. 90) réduite à une assise de cellules; cette gaine s'étale à la surface de la fibre musculaire, sur le sarcolemme (2), avec lequel elle se confond peu à peu, tandis que le cylindraxe pénètre dans l'intérieur de la substance musculaire et s'y résout en une arborisation de ramifications légèrement renflées à leurs extrémités. Les cellules à myéline suivent elles-mêmes ces ramifications, avec cette particularité qu'elles perdent leur myéline dès leur entrée, s'espacent, se réduisent presque à leur noyau (9) et finissent par disparaître. La gaine de Schwann (4) les accompagne jusqu'à la fin.

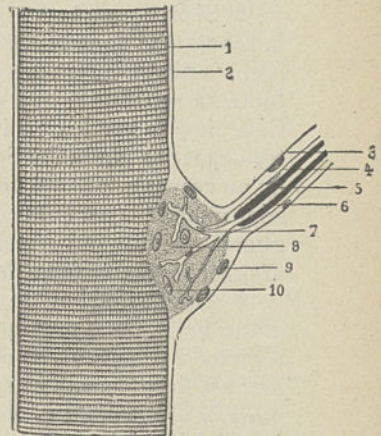


Fig. 90. — Terminaison des nerfs dans les muscles (L. TESTUT, Anatomie humaine).

1. fibre musculaire. — 2. sarcolemme qui va se réunir avec 3, gaine de Henle. — 4. gaine de Schwann qui va se prolonger sur l'arborisation terminale du nerf. — 5. gaine de myéline. — 6. cylindraxe. — 7. branche de l'arborisation terminale avec noyau. — 8. substratum granuleux. — 9. derniers noyaux des cellules à myéline.

Enfin, au voisinage de l'arborisation nerveuse terminale, la substance musculaire perd la double striation de son protoplasme et prend un aspect granuleux, formant une petite tache sombre que l'on appelle la *plaque de Rouget* ou *plaque motrice*.

PHYSIOLOGIE DE LA MOELLE ET DES NERFS

§ 1. **Fonctions des nerfs.** — Les nerfs rachidiens ont pour rôle de conduire dans les muscles les *excitations motrices* ou *volonté* qui doivent en déterminer les contractions et qui sont élaborées par le cerveau ; de plus, ils ramènent à ce dernier les *excitations sensibles* produites à la surface du corps, telles que les piqûres, les brûlures, les impressions tactiles, etc.

Ces deux propriétés se démontrent expérimentalement. Soit la figure 88 qui représente une racine antérieure et une racine postérieure allant se réunir un peu plus loin pour former un nerf entier, puis se séparant de nouveau à la périphérie du corps, l'antérieure allant se terminer dans les fibres musculaires, la postérieure, entre les cellules épidermiques.

1° Si l'on coupe la *racine antérieure* d'un nerf quelconque en A, on constate que les muscles auxquels se rend le nerf sont *paralysés* ; l'influx nerveux qu'élabore le cerveau pour déterminer les contractions musculaires est pour ainsi dire arrêté en route, ce qui fait dire que les racines antérieures des nerfs représentent la voie que parcourent les excitations motrices pour se rendre dans les muscles. On les appelle couramment pour cela les *racines motrices* ou *racines centrifuges* ; les grandes cellules *m* des cornes antérieures d'où elles se détachent s'appellent de leur côté les *cellules motrices*.

2° Si on coupe la *racine postérieure* d'un nerf rachidien en P, on supprime la *sensibilité* dans la région où se rend ce nerf. Si la section a porté sur les racines postérieures des nerfs du bras droit, par exemple, ce membre perd toute sa sensibilité et n'est plus affecté par les brûlures, les piqûres, etc. Cela signifie que les excitations produites à la surface du corps sont arrêtées en route par la section qui a été produite et qu'elles n'arrivent plus jusqu'au cerveau, chargé de les percevoir. Les racines postérieures des nerfs sont qualifiées par suite de *sensitives* ou *centripètes*. Les cellules *g* des ganglions spinaux qui engendrent les fibres de ces racines sont elles-mêmes appelées *cellules sensibles*.

3° Enfin, si au lieu de couper l'une ou l'autre racine, on sectionne le nerf entier en N, on *supprime à la fois la sensibilité et le mouvement* dans les régions du corps où se rend le nerf. Ce résultat était à prévoir, puisqu'un nerf est formé par la réunion de la *racine antérieure motrice* et de la *racine postérieure sensitive*, qui, une fois qu'elles se sont rencontrées, cheminent parallèlement jusqu'à la périphérie du corps. En raison de leur double rôle, les nerfs rachidiens sont qualifiés de *nerfs mixtes*.

Si une fois le nerf coupé en N, on pince ou on pique le *bout qui se dirige vers la surface du corps*, on détermine des contractions dans les muscles qu'il innerve, parce que l'excitation artificielle ainsi produite joue le même rôle que l'excitation motrice ou *volonté* qu'élabore le cerveau. Par contre, l'animal n'éprouve pas de douleur, puisque les fibres sensibles conduisent leurs impressions en sens inverse. Au contraire, si après avoir sectionné le nerf en N, on pince le bout qui se dirige vers le cerveau, l'animal éprouve

une douleur et pousse des cris ; c'est que l'excitation ainsi produite a été conduite par les fibres sensibles jusqu'au cerveau, qui l'a perçue.

Tous ces faits établissent donc d'une manière bien nette que les nerfs rachidiens sont tout simplement des *cordons conducteurs* parcourus par un double influx nerveux : l'influx *moteur* qui va de son point d'origine, le cerveau, jusque dans les muscles, et l'influx *sensitif* qui va, en sens inverse, de la surface du corps au cerveau. On a pu mesurer la vitesse de l'influx nerveux : elle est de 60 mètres à la seconde dans les fibres motrices de l'homme et de 130 mètres dans les fibres sensibles, alors que celle du courant électrique dépasse 400.000 kilomètres.

Les excitants des nerfs sont les mêmes que ceux des muscles : excitants, thermiques, mécaniques, chimiques ou électriques ; le plus employé dans les expériences est le courant électrique ; celui-ci, agissant sur un nerf moteur, fait contracter le muscle à la fermeture et à l'ouverture du courant tout comme si ce muscle avait été électrisé directement.

§ 2. **Fonctions de la moelle.** — Les deux parties constitutives de la moelle, *substance blanche* et *substance grise*, ont chacune leur rôle spécial : la première possède un rôle *conducteur* tout comme les nerfs rachidiens ; la seconde possède le même pouvoir conducteur, mais elle est surtout caractérisée par sa propriété de commander des mouvements involontaires ou *mouvements réflexes*.

1° *Rôle des cordons de la substance blanche.* — Ils sont formés, avons-nous dit, de fibres nerveuses tout comme les nerfs ; cette identité anatomique correspond à une identité physiologique.

a. Les *cordons antérieurs* et une *partie des cordons latéraux*, qui sont en relation avec les racines antérieures, ont le même rôle que ces dernières ; ils conduisent du haut en bas de la moelle les excitations motrices élaborées par le cerveau, excitations qui passent ensuite par les racines antérieures pour se rendre dans les muscles. Lorsqu'on réussit à couper transversalement ces cordons en un point quelconque tout en respectant les autres, on détermine la paralysie de tous les muscles dont les nerfs se détachent de la moelle au-dessous de la section. Ce sont donc des *cordons moteurs*.

b. Les *cordons postérieurs* (faisceau de Burdach et faisceau de Goll) et le reste des *cordons latéraux* continuent, au contraire, l'action des racines postérieures de la moelle avec lesquelles ils sont en relation. Ils conduisent vers le cerveau les excitations sensibles produites à la surface du corps : ce sont des *cordons sensitifs*. Quand on réussit à les couper transversalement, on diminue notablement la sensibilité dans les parties du corps où se rendent les nerfs ayant leur origine au-dessous du point coupé. Pour supprimer totalement la sensibilité, il faut couper en même temps la *substance grise*, ce qui prouve que celle-ci sert également à la conduction des excitations périphériques.

Ce sont les impressions *douloureuses* et les impressions *thermiques* que la substance grise paraît spécialement conduire ; dans la maladie appelée la *syringomyélie*, la substance grise est détruite et il y a suppression de la sensibilité à la douleur et à la chaleur. Les impressions *tactiles* suivent les cordons postérieurs ; la section de ceux-ci ou des racines postérieures amène en effet l'*anesthésie tactile* ; or, en l'absence de perceptions tactiles nous n'avons plus conscience de la force musculaire déployée ni de l'éten-

due des mouvements, et la marche se trouve profondément troublée. C'est ce qui a lieu dans la maladie appelée le *tabes* ou *ataxie locomotrice*; les cordons postérieurs sont en dégénérescence et les mouvements de la marche désordonnés à cause de l'anesthésie tactile, bien que la motricité et l'énergie musculaire ne soient pas atteintes.

Si la moelle épinière est coupée tout entière, ce qui arrive par exemple dans des chutes graves où la colonne vertébrale est complètement rompue, la sensibilité et le mouvement sont supprimés dans toutes les parties du corps dont les nerfs ont leur origine au-dessous de la section.

Pour préciser le rôle des cordons latéraux, rappelons que chacun d'eux se subdivise en cinq faisceaux (fig. 89) : 1° deux *faisceaux sensitifs* [faisceau croisé de Gowers (1) et faisceau cérébelleux direct (2)]; — 2° un *faisceau exclusivement moteur* [faisceau pyramidal croisé dans le bulbe (3)]; — 3° enfin, le *faisceau latéral profond* (4) et le *faisceau fondamental* (5) ont des fibres, les unes *motrices*, les autres *sensitives*.

2° *Rôle de la substance grise; actes réflexes.* — La substance grise de la moelle possède la faculté d'engendrer, en dehors de l'action du cerveau, c'est-à-dire sans l'intervention de la volonté, des mouvements musculaires qualifiés d'*actes réflexes*, à la condition qu'il y ait au préalable une *excitation sensitive produite à la périphérie du corps*.

Pour préciser, supposons que l'on décapite une grenouille et que l'on excite ensuite l'une de ses pattes en la piquant, en la pinçant ou mieux encore en y déposant une goutte d'acide sulfurique : aussitôt cette patte remue, et si l'excitation portée a été un peu forte, les autres membres peuvent également se mouvoir et déplacer tout le corps comme si l'animal était encore intact.

Si l'on dépose une goutte d'acide concentré sur l'une des pattes antérieures, l'autre vient frotter et essuyer la région cautérisée.

Ces mouvements réflexes, ainsi produits sans l'intervention de la volonté, s'expliquent de la façon suivante :

Considérons la figure 88 qui représente : 1° *une fibre motrice fm* qui est la continuation d'une cellule *m* des cornes antérieures et qui se met en rapport à la périphérie avec un fibre musculaire *M*; — 2° *une fibre sensitive fs* envoyée par une cellule *g* du ganglion spinal et qui s'irradie à la périphérie entre les cellules de l'épiderme *E*, tandis que son autre extrémité *r* se met en contact, par son buisson terminal, avec ceux des cellules motrices *m* des cornes antérieures.

L'excitation déterminée à la surface de la patte par une piqûre, une goutte d'acide, etc, est d'abord reçue par les fibres sensibles qui s'étalent entre les cellules épidermiques; ces fibres la conduisent ensuite jusqu'à leurs buissons de ramifications terminales dans la corne antérieure de la moelle, au voisinage immédiat des grandes cellules motrices *m*. Ces dernières à leur tour reçoivent l'excitation sensitive, et leur protoplasme éprouve sans doute de ce fait un ébranlement particulier, car aussitôt *elles élaborent une excitation motrice* que leurs cylindraxes moteurs *fm*, assemblés pour former la racine antérieure d'un nerf, transmettent immédiatement aux muscles *M* dans lesquels ils se rendent et dont ils déterminent la contraction.

En d'autres termes, les grandes cellules motrices *m* des cornes antérieures sont capables d'engendrer des excitations motrices *quand elles ont reçu au préalable des excitations sensibles*.

La figure schématique 88 montre que le trajet suivi par l'acte réflexe forme un circuit complètement fermé comprenant deux neurones, l'un sensitif *fs* et l'autre moteur *fm*. C'est un arc *réflexe simple*.

Mais il peut arriver que l'excitation périphérique s'étende à une région plus grande de la moelle et fasse contracter par suite toute une région musculaire. Le réflexe est dit *composé*. On peut en déterminer de cette nature chez une grenouille décapitée en portant l'excitation sensitive préliminaire sur la moelle elle-même, que l'on pique légèrement avec une aiguille.

Les mouvements réflexes sont très nombreux chez nous. Tous les actes de la vie végétative, digestion, circulation, respiration, etc., sont des réflexes commandés pour la plupart par la substance grise du bulbe, et sur lesquels nous reviendrons à propos de l'étude de ce dernier organe.

Les *mouvements du tube digestif* se produisent à la suite de l'excitation périphérique produite par les aliments sur la muqueuse.

La *sécrétion du suc gastrique* de l'estomac se fait aussi d'elle-même à la suite d'une excitation particulière portée par les aliments sur la muqueuse ; elle peut même être provoquée tout simplement par la vue d'un aliment désiré.

La *marche* est une suite de réflexes de la moelle provoqués par les impressions sensibles dues à la pression du pied sur le sol ; la volonté n'intervient que pour accélérer ou ralentir la vitesse.

Une *grenouille décapitée* se met à nager quand on la jette dans l'eau ; un canard que l'on vient de décapiter se sauve, etc.

L'excitation sensitive capable de déterminer le mouvement peut d'ailleurs ne pas produire son effet immédiatement, et rester emmagasinée pour ainsi dire un temps variable avant de reparaitre sous la force motrice. C'est ainsi que les mouvements que fait machinalement la main pour écrire ne sont que des réflexes dont les impressions périphériques premières se sont fixées dans le cerveau au moment où nous faisons notre apprentissage de l'écriture, et qui reparaissent chaque fois que nous écrivons. La *mémoire* elle-même n'est pas autre chose que le résultat de sensations que les cellules du cerveau ont emmagasinées et quelles laissent reparaitre ultérieurement.

Tout mouvement volontaire, quel qu'il soit, peut d'ailleurs être considéré comme la conséquence d'impressions sensibles périphériques qui ont été produites antérieurement, à une époque plus ou moins reculée ; la mémoire les a fixées dans les cellules cérébrales et, remises en action à un moment donné, elles déterminent des mouvements. Tout phénomène vital ne consiste qu'en réflexes causés par des excitations périphériques et tout être vivant est ainsi fonction intime des actions extérieures.

Nous reviendrons sur ces actes réflexes à propos de l'étude du cerveau et nous indiquerons leur marche probable à travers les centres nerveux.

CHAPITRE III

ENCÉPHALE

I. — PREMIÈRE PARTIE DE L'ENCÉPHALE

BULBE RACHIDIEN

§ 1. Description du bulbe. — Nous avons établi que l'on désigne sous le nom d'*encéphale* tous les organes nerveux qui sont logés dans la boîte crânienne et que ces différents organes se subdivisent en *cinq cerveaux distincts*, dont nous avons vu précédemment le développement et les rapports réciproques.

Nous étudierons successivement les différentes parties de cet encéphale en commençant par sa région inférieure.

Le *bulbe* ou *moelle allongée*, engendré par le 5^e cerveau primitif, a la forme d'un tronc de pyramide à quatre faces situé immédiatement au-dessous du cerveau et dans le prolongement direct de la moelle. Sur la figure 92 il commence en 15 et se termine supérieurement en 4. Il a 1 centimètre de diamètre à sa base et 2 centimètres et demi à sa partie supérieure. Son poids est d'environ 9 grammes. A droite et à gauche il s'en détache huit paires de nerfs, qui sont les huit dernières formées aux dépens de l'encéphale.

Sur sa face postérieure ou dorsale, il présente une dépression triangulaire appelée le 4^e ventricule dont l'origine

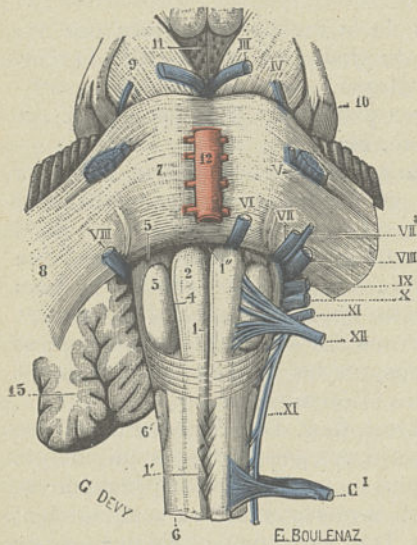


Fig. 91. — Bulbe rachidien et pont de Varole, vus par la face antérieure ou ventrale (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, sillon antérieur du bulbe. — 2, pyramide antérieure. — 3, olive. — 6, cordon latéral. — 7, pont de Varole. — 8, pédoncules cérébelleux moyens. — 9, pédoncules cérébraux. — 13, cervelet. — III à XII, nerfs crâniens.

est la suivante : au cours du développement du bulbe sa paroi antérieure ou *ventrale* s'épaissit notablement, tandis que sa paroi *dorsale* reste très mince et finit par s'affaisser sur la paroi ventrale en constituant ainsi une dépression triangulaire ou 4^e ventricule (de 15 à 4, fig 92) au-dessus de laquelle est placé le cervelet. Sa pointe inférieure, 15, marque juste le commencement du bulbe.

Quand on passe un manche de porte-plume sous le cervelet, on se trouve dans le 4^e ventricule, qui se continue antérieurement par l'aqueduc de Sylvius et postérieurement par le canal de l'épendyme de la moelle (fig 79).

Structure. — Le bulbe est composé de deux mêmes substances nerveuses que la moelle, *substance grise* et *substance blanche*. Mais elles n'occupent pas la même position, parce que les différents cordons blancs de la

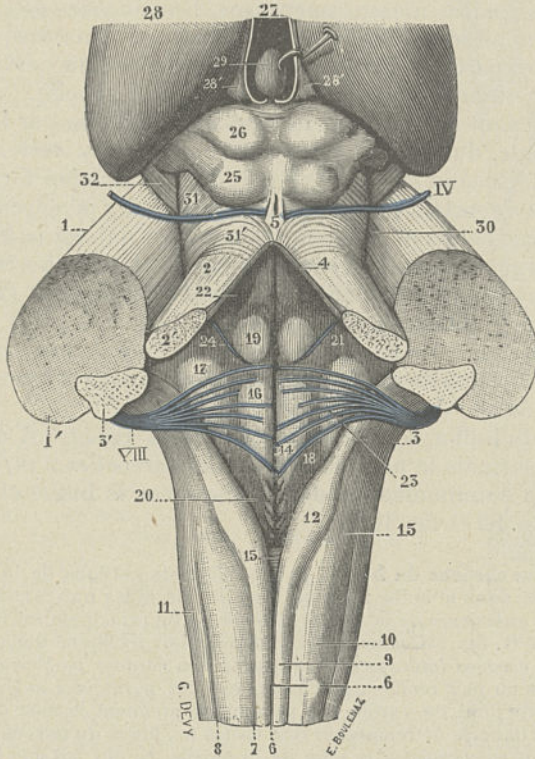


Fig. 92. — Le bulbe vu par sa face dorsale et les régions avoisinantes.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Le cervelet est enlevé et laisse à nu le 4^e ventricule, étendu de 15 à 4.

1, pédoncules cérébelleux moyens. — 2, les supérieurs. — 3, les inférieurs. — 1', 2', 3', leurs sections. — 6, sillon médian dorsal de la moelle. — 7 et 8, sillons latéraux. — 9, faisceau de Goll et 10, faisceau de Burdach formant le cordon postérieur. — 11, cordon latéral. — 12, pyramide postérieure, continuation du faisceau de Goll. — 13, corps restiforme, continuation du faisceau de Burdach. — 14, tige du calamus et 23, ses barbes acoustiques. — 25, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 26, les antérieurs. — 27, 3^e ventricule. — 28, couche optique. — 29, glande pinéale tirée vers le haut. — 32, pédoncules cérébraux. — IV, nerf pathétique. — VIII, nerf auditif.

moelle changent pour la plupart de direction quand ils pénètrent dans le bulbe: les uns s'écartent, d'autres s'entrecroisent ou se dédoublent. Ils sont d'ailleurs très importants à considérer, car ce sont eux qui relient la moelle aux différentes parties de l'encéphale, particulièrement au cervelet et au cerveau.

1^o Si on examine la moelle et le bulbe par leur face antérieure ou ventrale, on voit que les cordons suivent la marche suivante (fig 91):

Les *cordons antérieurs* (1) et les *cordons latéraux* (6) de la moelle grossissent légèrement en pénétrant dans le bulbe et forment de chaque côté un cordon unique et renflé auquel on donne le nom de *pyramide antérieure* (2).

Les deux pyramides traversent en montant une espèce de collier nerveux appelé le pont de Varoli (7), et prennent en sortant le nom de *pédoncules cérébraux* (9). Puis elles continuent leur marche en avant et vont finalement se perdre dans quatre masses nerveuses, les *couches optiques* et les *corps striés*, qui sont situées plus antérieurement et dans lesquelles viennent s'irradier d'autre part des fibres nerveuses émanées du cerveau; ce dernier est mis ainsi en communication avec le bulbe et la moelle.

2° Si maintenant on examine la moelle et le bulbe par leur *face postérieure ou dorsale*, du côté du cervelet (fig. 92), on y voit les faisceaux de Goll (9) et les faisceaux de Burdach (10) dont la réunion forme les *cordons postérieurs*; ils s'écartent en V juste au point où ils pénètrent dans le bulbe et y limitent une petite dépression triangulaire qui est le 4^e ventricule. La pointe du V marque exactement le commencement du bulbe. Sur son plancher se trouvent deux rangées de petits filaments transversaux (23) qui sont les racines des nerfs auditifs; de plus, un sillon (14) parcourt sa partie médiane qui prend ainsi l'aspect d'une plume à écrire dont le bec occupe la pointe du V (20), d'où le nom de *calamus scriptorius* qui est fréquemment donné à cette région médiane du 4^e ventricule.

En sortant du bulbe, les cordons postérieurs pénètrent dans le cervelet et prennent désormais le nom de *pédoncules cérébelleux inférieurs*. Ils établissent ainsi la communication du cervelet avec le bulbe et avec la moelle épinière (3, 3' fig. 92 et fig. 102).

§ 2. *Marche des cordons du bulbe.* — Les différents cordons de la moelle se retrouvent naturellement dans le bulbe; les uns sont directs et les autres entrecroisés.

I. Les *cordons antérieurs* de la moelle dont la partie principale est le *faisceau pyramidal moteur direct* (1, fig. 93), conservent leur direction rectiligne dans le bulbe, s'y réunissent avec les *cordons latéraux* et une partie des *cordons postérieurs*, et forment dès lors deux cordons un peu renflés que l'on appelle les *pyramides antérieures* (2, fig. 91); après leur sortie du pont de Varoli, ces pyramides prennent le nom de *pédoncules cérébraux* (9). Mais il importe de remarquer que toutes les fibres du faisceau pyramidal direct (a, a', fig. 89) sont entrecroisées le long de la moelle, ce qui fait que les excitations motrices qu'elles conduisent se rendent dans la *moitié opposée* du corps.

II. — Les *cordons latéraux* de la moelle, au moment où ils pénètrent dans le bulbe, s'accolent, avons-nous dit, aux cordons antérieurs pour contribuer à la formation des *pyramides antérieures* (2, fig. 94); ils présentent sur leurs flancs un petit renflement ovoïde mesurant environ 1 centimètre et demi dans le sens vertical et que l'on appelle l'*olive* (3).

Chaque cordon latéral se divise dans le bulbe en cinq faisceaux comme dans la moelle. Trois sont beaucoup plus importants; l'un est moteur, les deux autres sensitifs. Ce sont :

1° Le *faisceau pyramidal moteur croisé* (2, fig. 93) dont les fibres viennent de l'écorce cérébrale et s'entrecroisent dans le bulbe (décussation des pyramides); il s'accole au faisceau pyramidal direct (1, fig. 93) pour former la partie antérieure ou ventrale des pyramides antérieures et avec ce faisceau il constitue la *voie motrice principale* qui se trouve être *croisée en totalité*, puisque les fibres du faisceau direct a (fig. 89) se croisent tout le long de la moelle, tandis que celles du faisceau croisé s'entrecroisent dans le bulbe;

2° Le *faisceau cérébelleux sensitif direct* (9, fig. 93) qui va se terminer dans le cervelet auquel il transmet sans doute des excitations périphériques sensitives qui interviennent dans le mécanisme de la coordination des mouvements;

3° Le *faisceau sensitif de Gowers* (8, fig. 93) formé de fibres entrecroisées dans la moelle

(*gow*, fig. 89). Il se fusionne au niveau de l'olive avec le ruban sensitif de Reil, dont nous parlerons un peu plus loin et se continue avec celui-ci jusque dans le cerveau;

4° Le faisceau latéral profond (4, fig. 93), et le faisceau fondamental (5, fig. 93) qui constituent le reste du cordon latéral sont formés de fibres courtes qui remontent dans le bulbe (3 et 4, fig. 93); les unes sont motrices et les autres sensibles; mais leur importance est beaucoup moindre que celle des faisceaux précédents.

III. — Les cordons postérieurs de la moelle, subdivisés en faisceau de Goll (9, fig. 92), et en faisceau de Burdach (10, fig. 92) s'écartent comme nous l'avons dit pour limiter à l'origine du bulbe le 4^e ventricule; puis les cordons de Goll se renflent légèrement et prennent le nom de pyramides postérieures (12) tandis que les faisceaux de Burdach s'arrondissent de leur côté, deviennent un peu plus saillants (13) et sont alors désignés sous le nom de corps restiformes (*restis*, corde). En montant, chaque corps restiforme se fusionne progressivement avec la pyramide postérieure voisine et forme un cordon unique (3) qui pénètre finalement dans le cervelet sous le nom de pédoncule cérébelleux inférieur.

Le faisceau de Goll et le faisceau de Burdach qui, ainsi que nous l'avons établi antérieurement, sont tous les deux sensitifs, entrecroisent leurs fibres à leur passage dans le bulbe et se réunissent au faisceau sensitif latéral de Gowers, formant de la sorte un faisceau très important et entièrement sensitif que l'on appelle le ruban de Reil. Celui-ci constitue la partie dorsale ou postérieure des pédoncules cérébraux, tandis que leur partie ventrale ou antérieure est formée par les cordons antérieurs et les latéraux.

Au total on distingue donc dans les pyramides ou dans les pédoncules cérébraux (9, fig. 91) deux parties physiologiquement bien distinctes, mais constituées sur le même plan anatomique :

1° Une partie motrice ou ventrale formée de deux ordres de fibres : les unes entrecroisées dans la moelle (faisceau pyramidal direct du cordon antérieur); les autres entrecroisées dans le bulbe (faisceau pyramidal croisé du cordon latéral); la voie motrice est ainsi croisée en totalité.

2° Une partie sensitive ou dorsale (ruban de Reil) formée par les cordons de Goll et de Burdach entrecroisés dans le bulbe, puis par les faisceaux de Gowers dont les fibres sont entrecroisées successivement dans toute la hauteur de la moelle. La sensibilité est donc également croisée en totalité.

§ 2. Fonctions du bulbe. — Le bulbe, constitué comme la moelle par une substance blanche et une substance grise, possède les mêmes fonctions générales que cette dernière; c'est une région conductrice et de centres réflexes. Ses différents cordons conduisent les excitations motrices ou sensibles tout comme ceux de la moelle dont ils ne sont que la continuation, et sa substance grise élabore des réflexes au même titre que la substance grise de la moelle.

I. — Les impressions sensibles qui arrivent de la périphérie du corps par les cordons postérieurs et les faisceaux latéraux sensitifs de la moelle se continuent dans le bulbe en suivant ces mêmes cordons (étage dorsal des pyramides) et se rendent par les pédoncules cérébraux (étage dorsal

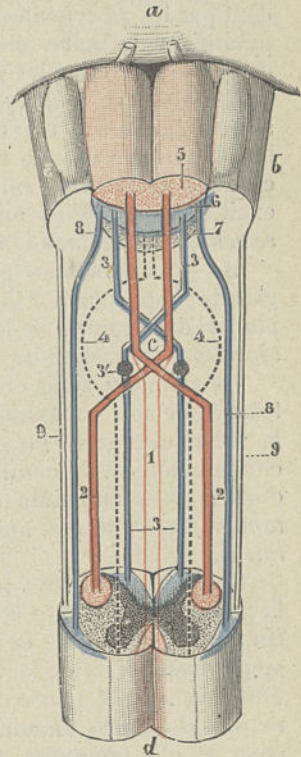


Fig. 93. — Marche des cordons dans le bulbe, face ventrale (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

a, protubérance annulaire. — b, bulbe vu par sa face antérieure. — c, entrecroisement des pyramides. — d, tronçon de moelle cervicale.

1, cordons antérieurs ou faisceaux pyramidaux directs (en rouge). — 2, faisceau pyramidal croisé du cordon latéral (en rouge). — 3, faisceau sensitif croisé du cordon latéral (en bleu). — 4, faisceau direct et moteur du cordon latéral (en pointillé noir). — 5, partie ventrale et motrice de la pyramide. — 6, partie dorsale et sensitive de la pyramide. — 8, faisceau de Gowers sensitif et direct du cordon latéral (en bleu). — 9, faisceau cérébelleux direct sensitif du cordon latéral. — (Cordons postérieurs non représentés).

sensitif) jusqu'aux couches optiques, d'où elles se rendent au cerveau. Toutes les fibres de ces cordons sensitifs s'*entrecroisent*, soit dans le bulbe, soit tout le long de la moelle.

D'autre part, les *excitations motrices* élaborées par le cerveau descendent par les pédoncules cérébraux (étage antérieur ou ventral), suivent les pyramides du bulbe (étage ventral) et arrivent finalement dans les *cordons antérieurs* et dans les *faisceaux latéraux moteurs* de la moelle, qui les transmettent à leur tour aux nerfs rachidiens. Ces excitations motrices suivent également une *voie entrecroisée*, car les faisceaux latéraux moteurs les plus importants (2, fig. 93) s'*entrecroisent* dans le bulbe et les fibres des cordons antérieurs s'*entrecroisent tout le long de la moelle* (a, fig. 89); les excitations motrices amenées par les différents cordons moteurs du bulbe se rendent donc dans la moitié opposée de la moelle.

Il — La substance grise du bulbe est le siège d'actes réflexes de la plus grande importance. Elle tient sous sa dépendance le fonctionnement de la plupart des organes de la vie végétative, la *circulation*, la *respiration* et les *sécrétions* (sécrétion de la sueur et de la salive, fonction glycogénique).

Un animal à sang chaud, Mammifère ou Oiseau, que l'on priverait de la totalité de son encéphale excepté du bulbe, continuerait à vivre parce que la substance grise de ce bulbe ne cesse pas de commander aux réflexes des poumons et du cœur. Mais si on pique fortement le bulbe dans sa région dorsale vers la pointe du 4^e ventricule (3, fig. 94), l'animal à sang chaud tombe foudroyé par arrêt brusque du cœur et des *mouvements respiratoires*.

Cette région du 4^e ventricule qui est si particulièrement sensible et qui a la grosseur d'une tête d'épingle, a été qualifiée par Flourens de *nœud vital*. Quand on la pique, la mort arrive non pas par ce qu'on aurait détruit le siège mystérieux de la vie comme le pensait ce savant physiologiste, mais tout simplement parce qu'on apporte ainsi une très vive excitation sur les racines des nerfs pneumogastriques qui commandent aux mouvements du cœur et des poumons. Un coup porté sur la nuque du lapin déchire le bulbe et amène la mort; il y a souvent aussi déchirure du bulbe dans la pendaison.

Huit paires de nerfs se détachent du bulbe (les huit dernières paires crâniennes) et ont pour rôle d'apporter à la substance grise les excitations périphériques qui déterminent chez elle la production des excitations motrices réflexes auxquelles obéissent les organes de la vie végétative.

La substance grise du bulbe comprend trois centres principaux : le centre d'*arrêt du cœur*, celui des *mouvements respiratoires* et celui des *sécrétions*. Ils fonctionnent de la façon suivante :

1^o *Centre d'arrêt du cœur*. — Le bulbe donne naissance aux deux nerfs *pneumogastriques* (10^e paire crânienne) qui se rendent au cœur et ont la propriété spéciale de *modérer* les battements de cet organe. Or, quand on pique le bulbe vers la pointe du 4^e ventricule, en 3 (fig. 94), on touche les racines de ces pneumogastriques qui reçoivent ainsi une excitation intense. Mais toute excitation portée sur un nerf en exagère la fonction, et dans le cas présent, l'excitation portée sur les pneumogastriques exagère à tel point leur action modératrice sur le cœur, que cet organe n'a pour ainsi dire plus la force de se contracter et il s'arrête subitement à l'état de dilatation.

On dit pour cela que le bulbe renferme le *centre d'arrêt* ou *centre modérateur du cœur*. Il existe un centre antagoniste, le *centre accélérateur*, qui est situé dans la moelle où il paraît occuper une assez grande région, depuis la 4^e paire rachidienne cervicale jusqu'à la 5^e dorsale.

2° *Centre des mouvements respiratoires.* — Les mêmes nerfs pneumogastriques envoient des filets aux poumons (fig 94). L'expérience montre que si on les excite légèrement en un point quelconque Pn de leur parcours, l'excitation périphérique est conduite par eux jusqu'à un certain noyau gris du bulbe (3) qui élabore alors par réflexe des excitations motrices et que l'on appelle pour cela le *centre respiratoire*; il est situé à côté du *centre cardiaque* et très près de l'origine des nerfs pneumogastriques. Les excitations suivent ensuite les cordons blancs du bulbe, ceux de la moelle (5) et arrivent finalement aux deux nerfs *phréniques* (6) se rendant au diaphragme ainsi qu'aux nerfs rachidiens (7) qui commandent le mouvement aux muscles respiratoires intercostaux. Ce muscle se contracte alors plus énergiquement et les mouvements respiratoires augmentent. Si l'excitation des pneumogastriques est très forte, le diaphragme se tétanise et la respiration s'arrête brusquement.

C'est précisément ce qui se passe quand on pique le bulbe au *centre respiratoire* (3) : les racines des pneumogastriques reçoivent une très vive excitation qui tétanise le diaphragme et amène l'arrêt brusque de la respiration, arrêt qui s'ajoute à celui du cœur pour déterminer la mort.

Dans les conditions normales, les mouvements réguliers du diaphragme sont également des réflexes provoqués par le contact de l'air et du CO² sur les ramifications du pneumogastrique épanouies dans la muqueuse pulmonaire. La présence d'une quantité exagérée de CO² dans le sang qui irrigue le bulbe, provoque aussi au plus haut point le besoin de respirer ; le sang chargé d'oxygène suspend au contraire momentanément ce besoin.

3° *Centres sécrétoires.* — Enfin le bulbe tient sous sa dépendance certaines sécrétions, en particulier celles du foie, des reins et des glandes salivaires.

1° Nous établirons plus loin que les glucoses fournis par la digestion traversent le foie avant de se répartir dans les tissus et qu'une partie est retenue dans cet organe sous la forme d'une espèce d'amidon, le *glycogène*. La proportion normale du sucre dans le sang ne dépasse guère 1 gramme par litre; à mesure que les tissus l'absorbent, le sang renouvelle sa provision en passant dans le foie de façon à la maintenir sensiblement constante aux environs d'un gramme. Si la proportion atteint environ 3 grammes par litre, l'excès n'est pas assimilé par les tissus et est rejeté à l'extérieur par les reins : cette affection, c'est-à-dire la présence anormale du glucose dans l'urine, s'appelle le *diabète ou glycosurie*.

Or, lorsqu'on pique légèrement le 4^e ventricule sur la ligne médiane un peu au-dessus du *noyau vital*, un excès de sucre apparaît aussitôt dans le sang; la proportion de 3 grammes par litre est dépassée et ce sucre passe dans les urines; la *glycosurie* ainsi produite artificiellement peut durer cinq ou six heures. Son explication est assez difficile à trouver; on admet généralement que l'excitation du bulbe a déterminé une exagération de la propriété que possède le foie de former du glucose aux dépens du glycogène qu'il a emmagasiné; ce qui revient à dire que le pouvoir d'emmagasiner du glycogène est diminué.

2° Lorsque la piqûre du bulbe est faite un peu plus haut que dans le cas précédent, il y a *albuminurie*, c'est-à-dire que l'urine se charge d'albumine; il en est donc résulté une lésion des reins, car lorsque ceux-ci fonctionnent normalement ils ne laissent pas filtrer l'albumine du sang, qui constitue une des substances essentiellement nutritives de l'organisme.

3° Enfin si la piqûre est faite encore plus haut, il se produit une *salivation abondante*;

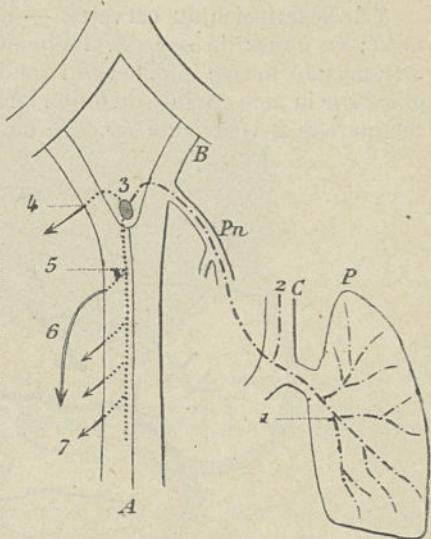


Fig. 94. — Centre cardiaque et centre respiratoire.

A, moelle. — B, bulbe. — C, trachée conduisant l'air dans le poumon P. — 3, centre respiratoire. — Pn, nerf pneumogastrique. — 6, nerf phrénique. — 7, nerf rachidiens se rendant aux muscles intercostaux.

c'est qu'il y a eu excitation des nerfs vaso-moteurs qui règlent le calibre des vaisseaux sanguins de ces glandes ; ceux-ci se dilatent, le sang afflue en plus grande quantité et la production de la salive devient par suite plus active.

II. — SECONDE PARTIE DE L'ENCÉPHALE

CERVELET

§ 1. **Description du cervelet.** — Le cervelet provient du 4^e cerveau primitif ; au cours de son développement, il perd sa cavité embryonnaire et devient une masse pleine ; son poids moyen est de 140 grammes. Il est placé sur la face dorsale du bulbe immédiatement au-dessous du cerveau et recouvre le 4^e ventricule (fig. 95) ; une grosse aiguille passée sous le cervelet

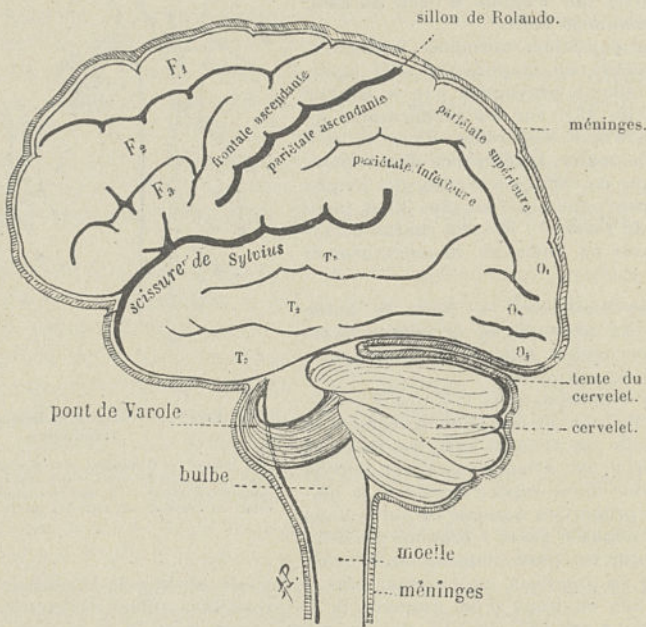


Fig. 95. — Encéphale vu latéralement pour montrer la position du cervelet.

tombe dans le 4^e ventricule et se continue en avant dans l'aqueduc de Sylvius entre les lobes optiques (fig. 79).

La figure 95 représente l'encéphale latéralement et montre les positions respectives du cervelet, du bulbe et du cerveau. Elle montre en outre que les trois méninges se continuent sur toute la surface du cervelet, et qu'après s'être étendues sur toute sa face dorsale, elles se rebroussent en arrière en formant entre le cerveau et le cervelet un double feuillet appelé la *tente du cervelet*.

Le cervelet comprend trois parties bien nettes : une partie moyenne qui est située juste au-dessus du 4^e ventricule et dont la surface est parcourue

dans le sens transversal par de nombreux sillons parallèles qui rappellent l'aspect d'un ver annelé ; on l'appelle pour cela le *vermis médian* (4, fig. 96). Viennent ensuite deux renflements latéraux ou *hémisphères cérébelleux* dont la surface est parcourue par des sillons qui délimitent des saillies contournées que l'on appelle des *circonvolutions* (1, fig. 96).

Parmi ces sillons, il y en a d'abord de douze à quinze plus accentués que

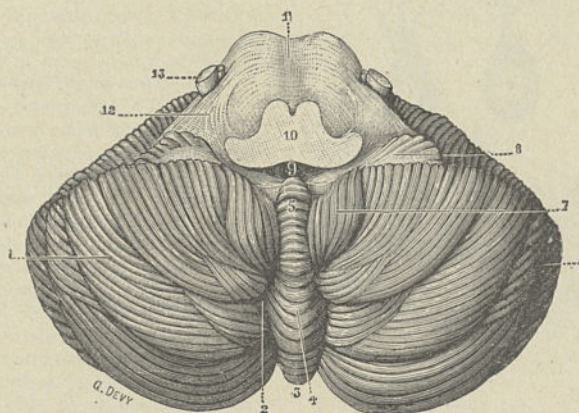


Fig. 96. — Cervelet vu par sa face inférieure (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, hémisphère cérébelleux de gauche. — 4, vermis médian. — 9, 4^e ventricule. — 10, coupe de l'extrémité supérieure du bulbe. — 11, protubérance annulaire. — 12, pédoncule cérébelleux moyen. — 13, nerf trijumeau avec ses deux racines.

les autres et qui divisent les hémisphères en autant de *lobes* ; d'autres, moins profonds, subdivisent à leur tour chaque lobe en un certain nombre de lobules.

Enfin les deux hémisphères sont reliés non seulement par le *vermis médian* qui est placé entre eux deux, mais encore par une large bande de substance blanche qui s'étend de l'un à l'autre *en passant au-devant du bulbe* ; celui-ci se trouve ainsi entouré d'une sorte de collier que l'on appelle le *pont de Varoli* ou *protubérance annulaire* (fig. 95 et 41, fig. 96).

§ 2. **Structure du cervelet.** — Dans le cervelet on trouve de la *substance blanche* et de la *substance grise* tout comme dans la moelle et le bulbe, seulement elles occupent une position inverse ; la *substance grise* (g, fig. 98) se trouve à la périphérie avec une épaisseur qui ne dépasse guère un millimètre ; la *substance blanche* (b, fig. 98), c'est-à-dire la partie formée à peu près uniquement de prolongements cellulaires, occupe l'intérieur et constitue la partie de beaucoup la plus volumineuse du cervelet. Sa disposition est d'ailleurs tout à fait caractéristique : elle s'étend d'une manière très irrégulière dans les lobes et les lobules et affecte ainsi la forme d'arborisations qui avaient vivement frappé les premiers anatomistes ; croyant se trouver en présence du siège mystérieux de la vie, ils l'avaient appelée l'*arbre de vie* (b, fig. 98).

La substance grise du cervelet comprend trois assises d'éléments qui sont, de dedans en dehors (fig. 97).

1° La *zone granuleuse* formée de deux sortes de cellules : les unes petites, dont les prolongements cylindriques se dirigent à la périphérie de la substance grise, puis se bifurquent pour s'étendre ensuite parallèlement à la surface du cervelet ; d'autres sont beaucoup plus grandes et extrêmement ramifiées ;

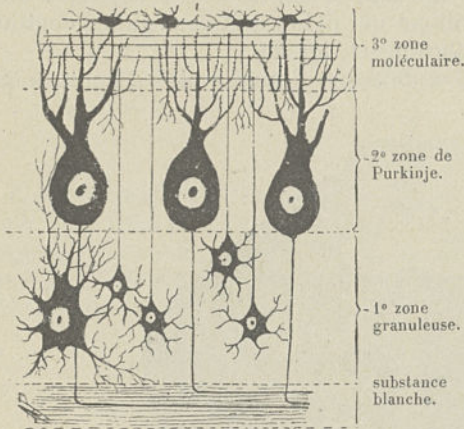


Fig. 97. — Structure du cervelet.

La *substance blanche* est formée par des fibres de différentes origines : il y a d'abord celles qui sont envoyées par les cellules de Purkinje, puis celles des différents *pédoncules cérébelleux* dont nous avons déjà parlé et qui relie le cervelet aux régions nerveuses voisines.

Notons enfin que dans l'intérieur de la substance blanche de chaque hémisphère il existe un petit noyau de *substance grise* appelé le *corps rhomboïdal* (*r*, fig. 98), d'où se détache un cordon de substance blanche, le *pédoncule cérébelleux supérieur*, qui se continue antérieurement jusque dans les couches optiques et les corps striés (2, fig. 92).

§ 3. Relations du cervelet avec la moelle et le reste de l'encéphale. — Le cervelet est relié aux parties nerveuses voisines par trois paires de cordons de substance blanche :

1° Il se détache des *corps rhomboïdaux* deux cordons de substance blanche appelés les *pédoncules cérébelleux supérieurs* (2, fig. 92 et fig. 102) qui se dirigent en avant, passent sous les tubercules quadrijumeaux et vont se terminer dans les couches optiques et les corps striés. Ces dernières masses nerveuses étant elles-mêmes en relation directe avec le cerveau proprement dit, celui-ci se trouve de la sorte mis en communication avec le cervelet.

2° Les *cordons postérieurs* de la moelle se continuent dans le bulbe et pénètrent plus en avant dans le cervelet en prenant le nom de *pédoncules cérébelleux inférieurs* (3, fig. 92 et fig. 102). Ils mettent le cervelet en relation avec la moelle et le bulbe.

3° Du bord antérieur de la protubérance annulaire il sort deux autres cordons blancs qui s'aplatissent progressivement et qui se continuent en avant jusque dans les couches optiques et les corps striés : ce sont les *pédoncules cérébraux* dont nous avons parlé à propos du bulbe et qui relie aussi de leur côté la moelle épinière au cerveau (9, fig. 91).

Ajoutons que l'on désigne sous le nom de *pédoncules cérébelleux moyens* à la bande de

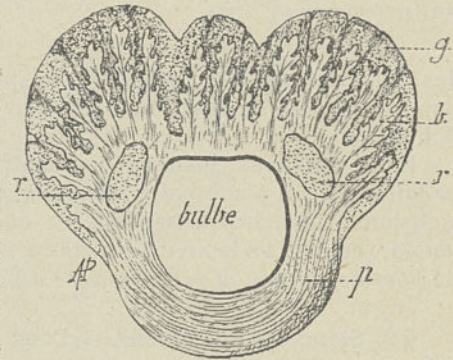


Fig. 98. — Coupe transversale et horizontale du cervelet, du bulbe et du pont de Varole.

a, substance grise. — *b*, substance blanche avec ses arborisations (arbre de vie). — *r*, corps rhomboïdal droit et gauche. — *p*, pont de Varole.

substance blanche qui constitue le pont de Varole, et qui s'étend d'un hémisphère cérébelleux à l'autre en contournant le bulbe (8, fig. 91 ; 1, fig. 92 ; fig. 102).

Ajoutons que l'on donne le nom de *pédoncule cérébelleux moyen* à la bande de substance blanche qui constitue le pont de Varole et qui s'étend d'un hémisphère cérébelleux à l'autre en contournant le bulbe (8, fig. 91 ; — 1, fig. 92 ; — 1, fig. 102).

§ 4. **Fonctions du cervelet.** — Le cervelet ne prend aucune part à l'élaboration de l'intelligence ou de la volonté ; il n'a pas non plus d'action sur les organes des sens ; *il exerce seulement un rôle dans la motricité* en augmentant la force élastique des muscles, en renforçant leur énergie et en coordonnant leurs contractions pour amener le déplacement régulier des membres et l'équilibre du corps.

Les premières expériences à ce sujet sont dues au physiologiste Flourens (1851) ; il enlevait le cervelet à un pigeon et constatait que l'oiseau, loin d'être paralysé, s'agitait avec force ; mais il ne pouvait se tenir en équilibre, était incapable de faire des mouvements réguliers et culbutait dans tous les sens comme s'il était ivre ; lancé en

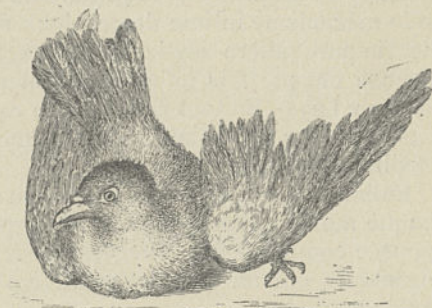


Fig. 99. — Pigeon après l'ablation du cervelet (HÉDON).

l'air, il tombait comme une masse. Quant à la sensibilité, elle restait absolument intacte et l'oiseau voyait parfaitement ce qui se passait autour de lui. Flourens en conclut que le cervelet est l'*organe coordinateur* des mouvements volontaires (fig. 99).

De nouvelles observations très précises ont été faites dans ces dernières années sur des Mammifères par un physiologiste italien, Luciani :

Si on enlève à un singe ou à un chien une *moitié* de son cervelet, l'animal ne peut plus se tenir debout ni marcher sans le secours d'un aide ; les muscles du *côté opéré* sont devenus flasques, sans élasticité et sans énergie suffisante. En d'autres termes, ils ont perdu leur *tonicité*. Si on enlève le cervelet tout entier, les accidents sont de même nature, mais cette fois plus accentués parce qu'ils s'étendent aux muscles des membres des deux côtés ; l'animal est tout à fait incapable de marcher quand il vient d'être opéré, tellement ses contractions musculaires sont mal assurées et incohérentes. Cependant, les forces reviennent peu à peu sous l'action d'une abondante nourriture ; mais l'animal ne sait plus à ce moment contracter ses différents muscles dans l'ordre voulu pour amener le déplacement régulier de ses membres ; il ne sait plus coordonner ses mouvements et éprouve un léger tremblement dans la tête et dans le tronc, c'est-à-dire une sorte de titubation comme celle que Flourens avait observée chez le pigeon. Ce manque d'équilibre est ce qu'on appelle l'*astisie*.

Ajoutons que le chien qui vient d'être privé de son cervelet et qui est incapable de se tenir debout, nage cependant normalement si on le lance dans un bassin rempli d'eau ; toutefois, arrivé au bord du bassin, il ne réussit pas à en sortir. Il faut penser avec Luciani que les membres n'ayant plus à supporter le poids du corps pendant la natation, la faible quantité d'énergie musculaire que possède encore l'animal suffit pour le maintenir sur l'eau

et le faire avancer. Cela explique que dans certaines maladies dues à des lésions du cervelet la marche soit devenue impossible, alors que le malade, une fois couché, peut faire des mouvements d'une précision parfaite.

Si on électrise le cervelet chez l'homme, le sujet est pris de vertige, il lui semble que les objets tournent autour de lui et il finit par s'affaisser brusquement du côté du pôle positif.

Tout cela montre que le cervelet fournit non seulement aux muscles leur vigueur et leur élasticité, mais qu'il préside à la *coordination* des mouvements et *au maintien de l'équilibre du corps*, sans qu'on sache d'ailleurs quel est le mécanisme intime de ces deux fonctions. Peut-être engendre-t-il une énergie particulière distincte des excitations motrices cérébrales et qui se dépense chaque fois qu'un mouvement volontaire est produit (*force sthénique* de Luys). En tout cas il est en rapport avec la motilité et non avec la sensibilité, car son ablation ne diminue en rien ni la sensibilité générale ni la sensibilité spéciale.

Enfin, il est important de noter que son action est *directe*, c'est-à-dire que chaque moitié agit sur le côté correspondant du corps et non sur la moitié opposée comme le fait le cerveau pour les excitations motrices. Les poissons migrateurs ont un cervelet relativement plus volumineux que ceux qui se déplacent peu.

L'animal que l'on prive des canaux semi-circulaires de l'oreille éprouve des vertiges tout comme si on l'avait privé de son cervelet ; ce fait s'explique fort bien, car les ampoules de ces canaux reçoivent des branches du *nerf acoustique* qui prend précisément naissance en partie dans le cervelet, et on ne peut détruire ce dernier sans atteindre les racines du nerf, ce qui annihile forcément les canaux semi-circulaires.

Les *pédoncules cérébelleux* qui relient le cervelet soit à la moelle, soit au cerveau, ont aussi un rôle particulier en rapport avec la locomotion :

1° Si on excite les pédoncules cérébelleux d'un côté, les muscles du tronc et du cou du même côté se contractent et font fléchir la tête et le tronc du côté correspondant.

2° Si l'on coupe les pédoncules cérébelleux d'un côté, on supprime l'action de la moitié correspondante du cervelet et on détermine brusquement une rupture de l'équilibre du corps : l'animal tourne très rapidement autour d'un axe longitudinal qui traverserait son corps de la tête à la queue.

III. — TROISIÈME PARTIE DE L'ENCÉPHALE

Nous réunissons dans cette troisième partie un certain nombre d'organes nerveux un peu secondaires au moins comme volume : les *tubercules quadrijumeaux* qui proviennent du 3^e cerveau primitif, l'*épiphyse* et les *couches optiques* qui proviennent du second et enfin les *corps striés* qui sont engendrés par le 1^{er} cerveau primitif. Nous dirons également quelques mots de l'*hypophyse* bien que cet organe ne soit pas de nature nerveuse, mais parce qu'il est adhérent à la face inférieure du cerveau.

§ 1. **Tubercules quadrijumeaux.** — Ils sont ainsi appelés parce qu'ils sont représentés par quatre petites masses nerveuses qui sont placées un peu en avant du bulbe, deux à droite et deux à gauche du plan de symétrie de l'encéphale, les unes derrière les autres ; les deux antérieures sont un peu plus volumineuses (25 et 26, fig. 92). On les appelle encore les *lobes optiques* parce qu'elles donnent naissance, au moins partiellement, aux deux nerfs optiques (fig. 102).

Elles proviennent, comme on l'a déjà dit, du développement du 3^e cerveau primitif ; en épaississant leurs parois, leur ventricule primitif s'est réduit à une simple fente, l'*aqueduc de Sylvius*, qui se continue en avant par le 3^e ventricule et s'ouvre en arrière dans la dépression du 4^e. Les pédoncules cérébraux passent au-dessous de cet aqueduc (fig. 79).

Chaque tubercule est formé de *substance blanche* qui se trouve à la périphérie et d'un amas de *substance grise* au centre; les fibres des nerfs optiques aboutissent à cette dernière.

Les tubercules quadrijumeaux, étant données leurs relations anatomiques avec les nerfs optiques, ont nécessairement une fonction en rapport avec la vision. Lorsqu'on les enlève, l'animal devient aveugle tout comme si on avait sectionné les nerfs optiques eux-mêmes, et l'iris reste immobile et dilaté. Leur excitation provoque des mouvements du globe de l'œil et de l'iris. Chez les mammifères dont les yeux sont placés latéralement, les fibres des nerfs optiques sont complètement entrecroisées; aussi l'ablation des lobes optiques d'un côté amène-t-elle la cécité complète de l'œil opposé.

Toutefois le rôle des lobes optiques n'est pas encore établi d'une manière bien complète, car ils sont bien développés chez un certain nombre d'animaux tels que les taupes, les musaraignes et les protées où la vision est assez faible ou même nulle. Ils paraissent servir encore à l'équilibre du corps et à la coordination des mouvements, tout au moins chez certains animaux (grenouille) qui ont un cervelet très rudimentaire auquel suppléeraient les lobes optiques.

§ 2. *Épiphyse ou troisième œil des Vertébrés.* — Chez l'homme l'*épiphyse* est un petit organe rougeâtre, impair, situé dans la dépression qui sépare les deux tubercules quadrijumeaux antérieurs à leur partie supérieure. Sa forme ovale, en forme de pomme de pin, lui a valu le qualificatif de *glande pinéale*, terme d'ailleurs absolument impropre, car l'*épiphyse* n'est pas une *glande*, mais tout simplement un organe nerveux qui représente les derniers vestiges d'un *troisième œil* ou *œil frontal* qu'aurait possédé nos formes ancestrales (29, fig. 92; fig. 102).

L'*épiphyse* est entourée d'une membrane conjonctive qui est une *dépendance de la pie-mère* et qui envoie dans l'intérieur un grand nombre de fines cloisons; celles-ci délimitent de nombreuses petites loges remplies par une quantité de petites cellules analogues à celles de la *névroglie* de l'écorce cérébrale; on y trouve même des concrétions de carbonate de chaux et de phosphate de magnésie (sable du cerveau).

Cet organe était le siège de l'âme pour Galien et Descartes; sa signification n'a été mise en lumière que dans ces dernières années, en en faisant une étude comparée chez les différents Vertébrés.

Chez certains Reptiles actuels et particulièrement chez un lézard de la Nouvelle-Zélande, l'*Hatteria*, et le petit *lézard ocellé* de nos pays, l'*épiphyse* (2, fig. 100) se continue par une tige qui s'avance en avant, sort du crâne par un trou percé dans la paroi osseuse au milieu de la tête, et se termine au-dessous de l'épiderme par un petit renflement (1) qui est un véritable œil. Il possède en effet un *cristallin transparent* (6, fig. 101) formé par un épaississement cellulaire et qui reçoit la lumière que laisse passer la peau amincie et transparente; — une *réline* (4) avec des bâtonnets; — une cavité centrale remplie de liquide homologue de l'humeur vitrée de l'œil ordinaire, — et enfin à la périphérie de la rétine des traînées de pigment qui représentent la *choroïde* (2). Des yeux semblables existent

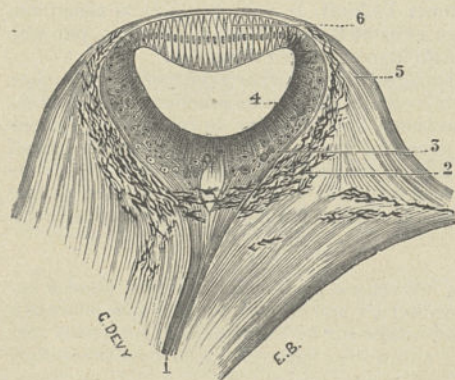


Fig. 101. — Structure de l'œil pinéal du lézard (*Lacerta ocellata*) (L. Testut, Anatomie humaine).

1, nerf pinéal. — 2, cellules pigmentaires choroïde).
4, réline. — 5, pie-mère. — 6, cristallin.

chez beaucoup d'Invertébrés, particulièrement chez les Mollusques.

La tige qui porte cet organe a tout à fait la structure d'un nerf.

Il s'agit donc d'un véritable œil impair qui est en communication avec le cerveau par un nerf optique également impair, et qui paraît fonctionner chez les Reptiles dont nous

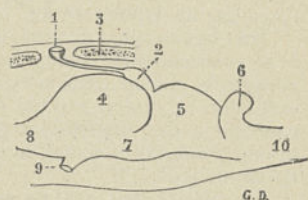


Fig. 100. — Encéphale de lézard (*Lacerta agilis*) vu de profil (L. Testut, Anatomie humaine).

1, œil frontal. — 2, épiphyse. — 3, os pariétaux. — 4, hémisphères cérébraux. — 5, lobe optique. — 6, cervelet. — 8, lobe olfactif. — 9, nerf optique. — 10, moelle.

venons de parler. Chez les autres Vertébrés, cet organe est plus ou moins atrophié. Le globe oculaire et son nerf ont complètement disparu ; il ne reste plus que la petite masse basilaire (2, fig. 100) d'où partait sans doute le nerf optique impair et qui est le dernier vestige de ce *troisième œil* ou *œil frontal*.

Le milieu du crâne de certains Reptiles de l'ère secondaire est percé d'un orifice que l'on regarde comme l'emplacement d'un œil frontal.

§ 3. **Les couches optiques.** — Lorsqu'on enlève le cerveau proprement dit en respectant toutes les autres parties de l'encéphale, on voit qu'il reste par-dessous, outre les tubercules quadrijumeaux dont nous venons de parler, quatre autres masses nerveuses situées en avant de ces tubercules, ainsi que l'indique la figure 102. Les deux premières sont les *couches optiques*, les deux plus antérieures sont les *corps striés*.

Les *couches optiques* sont deux masses nerveuses ovoïdes, de couleur rougeâtre, situées immédiatement en avant des tubercules quadrijumeaux, à droite et à gauche du plan de symétrie de l'encéphale (28, fig. 92). Elles sont de forme ovoïde et unies l'une à l'autre par une petite bande transversale de substance grise (commissure grise) (c, fig. 102). Elles limitent entre elles un petit espace irrégulier, le 3^e *ventricule*, qui communique en avant avec les ventricules du cerveau par les trous de Monro et qui se continue en arrière avec l'aqueduc de Sylvius (v³, fig. 79).

Elles proviennent du second cerveau primitif ; elles sont formées de *substance blanche* et de *substance grise* comme les autres parties de l'encéphale ; la première se trouve à la périphérie, comme dans la moelle, et la substance grise constitue à l'intérieur quatre amas cellulaires ou *centres gris* qui paraissent avoir chacun une fonction particulière dans la conduction des impressions périphériques ; on les appelle d'après leur rôle probable : le *centre olfactif* en avant, le *centre optique* et le *centre tactile* au milieu et le *centre auditif* en arrière.

Ces centres gris sont en relation avec toutes les autres parties du système nerveux, ainsi que nous l'avons déjà signalé à différentes reprises : avec le *bulbe* et la *moelle* par les pédoncules cérébraux ; avec le *cervelet* et la *moelle* par les pédoncules cérébelleux supérieurs ; enfin des fibres partent de leur substance grise et vont s'irradier dans l'écorce du cerveau.

Les impressions produites à la périphérie sur la muqueuse olfactive, par exemple, passent d'abord par le *centre olfactif* avant de se rendre au cerveau ; il en est de même pour les trois autres sortes d'impressions qui correspondent chacune à un centre déterminé. Si l'on détruit un de ces centres, la fonction correspondante est abolie. Une des observations les plus précises que l'on possède sur le rôle de ces masses nerveuses, est celle d'une personne qui perdit successivement l'odorat, la vue, l'ouïe et la sensibilité générale ; or à l'autopsie on constata qu'elles avaient été envahies et détruites par une tumeur ; toutes les autres régions de l'encéphale étaient restées normales.

Cependant chaque centre gris n'a pas la faculté de nous faire percevoir par lui-même une sensation périphérique, car en l'absence du cerveau les différentes fonctions sensitives ou motrices sont abolies. Chacun d'eux ne représente qu'une sorte de relais par où passe l'impression périphérique avant d'arriver au cerveau, et où elle subit peut-être un travail particulier, quelque chose comme une sorte de renforcement, sur lequel nous ne savons d'ailleurs rien de précis. Le seul fait certain c'est que leur rôle est indispensable et que leur destruction amène la disparition des quatre facultés sensitives énumérées précédemment.

§ 4. **Corps striés.** — Ce sont deux masses nerveuses *pyriformes* qui sont situées sur les flancs des couches optiques, tout en débordant un peu en avant ; elles sont placées à droite et à gauche du plan de symétrie antéro-postérieur de l'encéphale ; leur partie renflée se trouve en avant et leur partie effilée en arrière, adjacente à la couche optique correspondante (fig. 102).

Chaque corps strié est coupé longitudinalement par une bande de substance blanche, la *capsule interne*, qui se relie en avant au cerveau et qui se continue en arrière avec le *pédoncule cérébral* correspondant, lequel relie ainsi le corps strié avec le bulbe et la moelle. Les pédoncules cérébelleux supérieurs s'y terminent également et établissent ainsi la communication avec le *cervelet*. La capsule interne divise chaque corps strié en deux parties :

L'un des segments est arqué, en forme de virgule (6 à 7 centimètres), avec un renflement antérieur qui fait saillie dans le ventricule de l'hémisphère cérébral voisin et s'appelle pour cela le *noyau caudé* ou *intraventriculaire*. — L'autre est situé au-dessous du

précédent, mais il s'avance un peu moins en avant et en arrière (5 centimètres) ; c'est le noyau *lenticulaire*, ainsi appelé parce qu'il a la forme d'une lentille (fig. 104).

Les corps striés jouent un rôle dans la transmission des excitations motrices élaborées par le cerveau ; leur destruction totale amène la paralysie générale de tous les muscles ; — l'ablation d'un seul corps strié détermine la paralysie dans la *moitié opposée* du corps. Mais ce ne sont pas eux toutefois qui élaborent les excitations motrices ou *volonté*, car en l'absence du cerveau ces dernières ne sont pas engendrées, et leurs fonctions précises ne sont pas mieux établies que celles des couches optiques. Il faudrait peut-être les considérer aussi comme des sortes de relais placés sur le trajet de l'influx nerveux moteur né dans la substance grise cérébrale, auquel ils feraient subir une sorte de

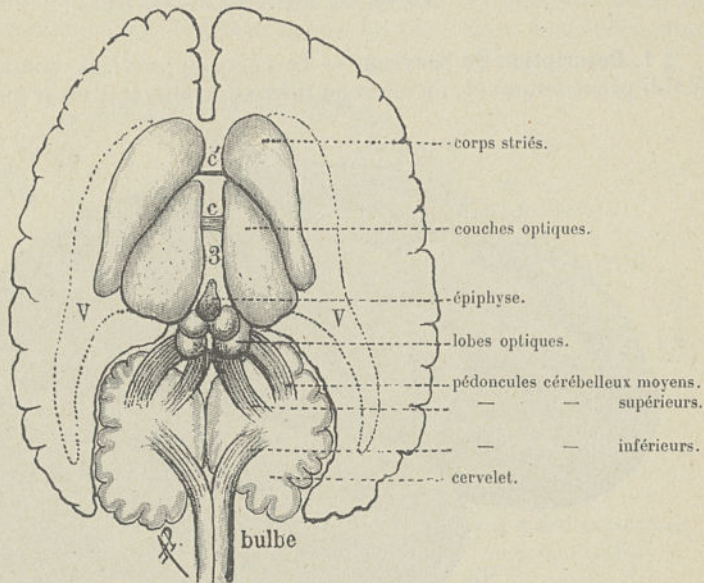


Fig. 102. — Encéphale vu par sa face supérieure, en supposant le cerveau transparent pour voir les parties qu'il recouvre.

Le cervelet est fendu en deux sur la ligne médiane et ses deux moitiés rejetées l'une à droite et l'autre à gauche. — V et V, les deux ventricules du cerveau. — c, commissure blanche entre les deux corps striés. — c, commissure grise entre les deux couches optiques. — 3, 3^e ventricule.

renforcement ou d'amplification qui lui permettrait de mieux atteindre les muscles périphériques.

Ils se comporteraient ainsi pour les excitations motrices de la même façon que les couches optiques pour les excitations sensibles.

§ 5. **Hypophyse.** — L'*hypophyse* ou *corps pituitaire* est une petite masse charnue située à la face inférieure de l'encéphale et logée dans la *selle turcique* de l'os sphénoïde. Elle est formée de petits éléments vésiculaires limitant une cavité centrale remplie d'une substance gélatineuse albuminoïde ; un petit cordon grisâtre, la *tige pituitaire*, creusé d'un canal, la relie à une petite masse de substance grise ou *tuber cinereum* qui est en rapport avec le 3^e ventricule (fig. 79 et 5, fig. 108).

L'*hypophyse* n'est d'ailleurs pas un organe nerveux : c'est un petit diverticule de la partie antérieure du tube digestif qui se forme de très bonne heure chez l'embryon, et dont le fond va s'accoler à la partie inférieure de l'encéphale ; puis il se sépare du tube digestif et persiste, accolé à la face inférieure du cerveau, avec la forme que nous venons de décrire. La région par laquelle il s'unit au cerveau est seule nerveuse, le reste est glandulaire. L'*hypophyse* existe chez tous les Vertébrés et paraît jouer un rôle important dans la nutrition générale. Son ablation amène des tremblements et des convulsions de la même façon que l'ablation du corps thyroïde. D'après certains auteurs, il provoquerait le som-

meil par la sécrétion d'une substance particulière. Tout ce que l'on peut dire de certain à l'heure actuelle, c'est que son ablation totale cause toujours la mort.

Le nom de *corps pituitaire* lui vient de ce que les anciens croyaient qu'il sécrétait le liquide ou *pituite* qui humecte les fosses nasales.

IV. — QUATRIÈME PARTIE DE L'ENCÉPHALE

CERVEAU PROPREMENT DIT

§ 1. **Description du cerveau.** — Le cerveau provient, comme nous l'avons établi précédemment, du cerveau primitif le plus antérieur qui prend dans le

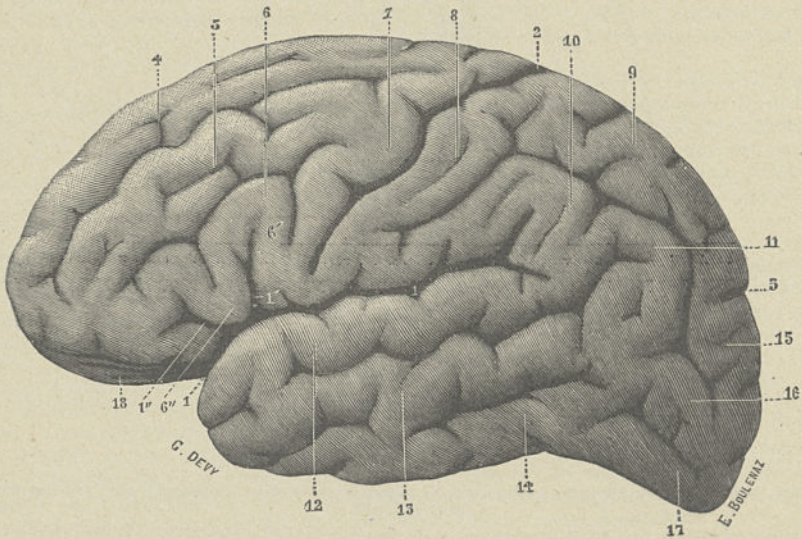


Fig. 103. — Face externe de l'hémisphère gauche (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, scissure de Sylvius avec 1', sa branche ascendante et 1'', sa branche horizontale. — 2, scissure de Rolando. — 3, scissure perpendiculaire externe. — 4, première circonvolution frontale. — 5, deuxième circonvolution frontale. — 6, troisième circonvolution frontale avec 6', son pied; 6'', le cap. — 7, circonvolution frontale ascendante. — 8, circonvolution pariétale ascendante. — 9, circonvolution pariétale supérieure. — 10, circonvolution pariétale ou lobule du pli courbe. — 11, pli courbe. — 12, première temporale. — 13, deuxième temporale. — 14, troisième temporale. — 15, première circonvolution occipitale. — 16, deuxième circonvolution occipitale. — 17, troisième circonvolution occipitale. — 18, lobe orbitaire vu de profil.

cours de son évolution un développement énorme en arrière et recouvre tous les autres (fig. 79).

Il constitue la partie la plus volumineuse de l'encéphale; ce dernier ayant un poids moyen de 1360 à 1400 grammes pour un Européen, le cerveau, à lui seul, y entre environ pour 1200 à 1250 grammes¹.

Quand on regarde l'encéphale par sa partie supérieure, on ne distingue absolument que le cerveau proprement dit, toutes les autres parties étant situées à sa face inférieure. Vu latéralement, l'encéphale laisse apercevoir le

¹ L'encéphale de Cuvier pesait 1828 grammes, celui de Bismarck 1807 grammes, celui de Kant 1624 grammes et celui de Schiller 1596 grammes.

cervelet situé en arrière et au-dessous du cerveau, puis le *bulbe* qui descend un peu obliquement et se continue par la moelle épinière (fig. 95).

Le cerveau est divisé en deux moitiés latérales, que l'on appelle les *hémisphères cérébraux*, par un sillon antéro-postérieur très profond qui n'arrive cependant pas jusqu'à la base du cerveau, où il reste une bande assez épaisse de substance nerveuse qui tient les deux hémisphères intimement réunis l'un à l'autre (fig. 104).

Les méninges que nous avons vues s'étendre autour de la moelle et du cervelet se continuent également sur toute la surface du cerveau, avec le liquide céphalo-rachidien qu'elles renferment. La *dure-mère* descend même

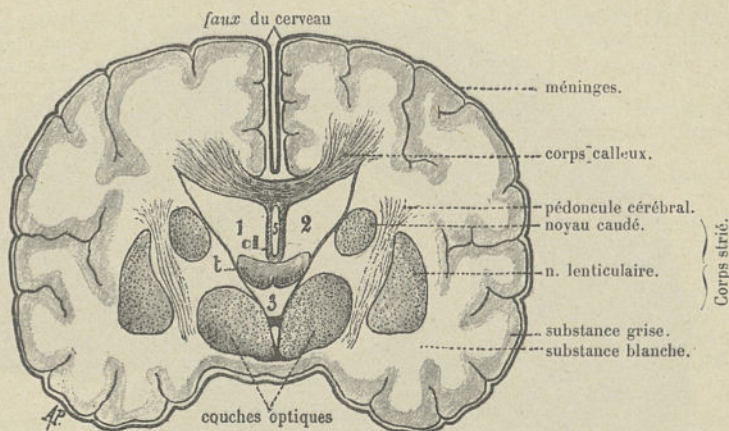


Fig. 104. — Coupe verticale du cerveau perpendiculairement au sillon antéro-postérieur.

1 et 2, ventricules latéraux. — 3, 3^e ventricule. — *cl*, cloison transparente avec ses deux feuillets et sa cavité interne 5 ou cinquième ventricule. — *t*, trigone cérébral.

jusqu'au fond du grand sillon antéro-postérieur et y forme un double repli appelé la *faux du cerveau* (fig. 104).

La surface du cerveau n'est pas lisse; elle présente des sortes de plis contournés que l'on appelle des *circonvolutions* et qui sont au nombre de 13 par hémisphère. Parmi les sillons qui limitent ces replis, il y en a trois qui sont plus accentués que les autres et qui subdivisent chaque hémisphère en quatre lobes (fig. 95 et 103) savoir :

1^o Le *lobe frontal*, qui comprend la région antérieure de l'hémisphère et est limité en arrière par le sillon de Rolando (2, fig. 103). Il comprend lui-même quatre circonvolutions frontales, dont la plus intéressante est la troisième F³ de l'hémisphère gauche (*circonvolution de Broca*) parce qu'on l'a regardée jusqu'à présent comme le siège de la *faculté du langage*, en commandant les mouvements nécessaires à l'articulation de la voix;

2^o Le *lobe pariétal*, compris entre le sillon de Rolando et une autre échancre latérale et oblique, qui est très accusée et s'appelle la *scissure de Sylvius* (1, fig. 103);

3^o Le *lobe temporal* situé au-dessous de la scissure de Sylvius;

4^o Le *lobe occipital* qui occupe la partie postérieure de l'hémisphère.

Ces trois derniers lobes comprennent chacun trois circonvolutions, qui, ajoutées aux 4 du lobe frontal, en donnent 13 pour chaque hémisphère.

Elles n'ont pas une disposition absolument symétrique dans les deux hémisphères.

RELATIONS ENTRE LES DEUX HÉMISPÈRES. — 1° Les deux hémisphères sont réunis par une large bande de substance blanche qui s'étend transversalement de l'un à l'autre à la façon d'une voûte, en passant juste au-dessous de la faux du cerveau. On l'appelle le *corps calleux* (fig. 104, et 1, fig. 105).

2° Au-dessous du corps calleux, et dans le même plan que le grand sillon antéro-postérieur qui sépare les hémisphères, se trouve une membrane

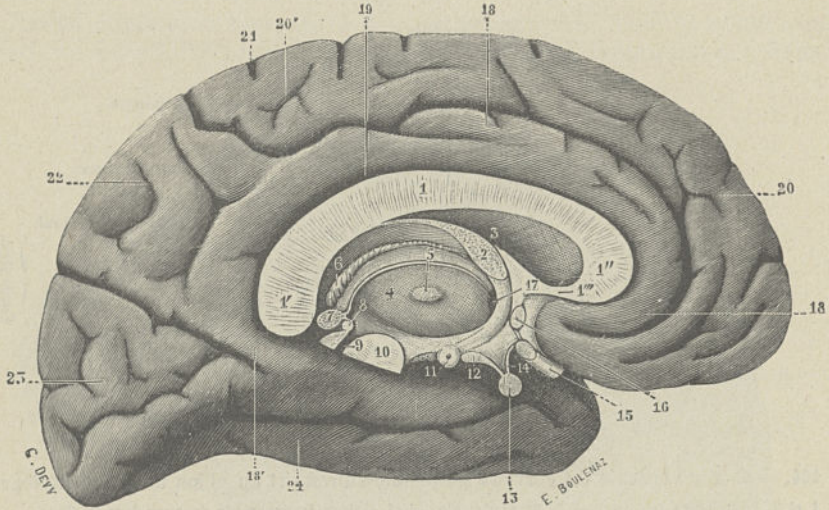


Fig. 105. — L'hémisphère gauche vu par sa face interne (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, corps calleux. — 2, coupe du trigone. — 3, cloison transparente. — 4, couche optique. — 5, coupe de la commissure grise. — 7, glande pinéale. — 8, commissure blanche postérieure. — 9, aqueduc de Sylvius. — 11, tubercule mamillaire. — 13, corps pituitaire avec sa tige. — 15, nerf optique. — 16, coupe de la commissure blanche antérieure. — 17, trou de Monro. — 10 à 24, circonvolutions cérébrales.

médiane et verticale que l'on appelle la *cloison transparente* (*septum lucidum*) (cf. fig. 104).

Les hémisphères ne sont pas des masses nerveuses pleines : ils sont creusés chacun d'une petite cavité très irrégulière (1 et 2, fig. 104), reste des cavités du cerveau embryonnaire ; chez l'adulte, ces cavités portent le nom de *ventricules latéraux* ou encore de premier et deuxième ventricules ; elles s'étendent sous le corps calleux.

Or, la *cloison transparente* se trouvant située également sous le même corps calleux et dans le plan médian, sépare complètement les deux ventricules latéraux l'un de l'autre. Il est vrai qu'en arrière ils s'ouvrent tous les deux séparément dans le 3^e ventricule par les *trous de Monro*, en sorte qu'il existe tout de même entre eux une communication indirecte, par l'intermédiaire de ce 3^e ventricule ; celui-ci se continue à son tour, comme on le sait, jusque dans le 4^e ventricule par l'aqueduc de Sylvius (fig. 79).

La cloison transparente est formée de deux feuillets parallèles et transparents, limitant une cavité complètement close et remplie de liquide (5) à

laquelle on donne le nom de *cinquième ventricule*; elle provient tout simplement de la partie profonde de la faux du cerveau qui, au cours de la vie embryonnaire, s'est trouvée pincée par le corps calleux et complètement isolée; son ventricule (5) n'a donc aucun rapport avec les quatre ventricules ordinaires des autres régions de l'encéphale.

3° Enfin, au-dessous de la cloison transparente, se trouve une seconde bande nerveuse blanche jetée également à la façon d'un pont d'un hémisphère à l'autre pour les réunir encore dans cette région. On l'appelle le *trigone cérébral* parce qu'elle a la forme d'un triangle isocèle dont le sommet est dirigé en avant (1, fig. 104 et 2, fig. 105).

Ce sommet est en réalité composé de deux prolongements très rapprochés, les *piliers antérieurs*, qui contournent les couches optiques et se dirigent vers le bas pour aboutir à deux petites masses nerveuses, les *tubercules mamillaires* (11, fig. 105), qui ne sont visibles qu'à la face inférieure du cerveau et dont le rôle est inconnu.

En arrière, les deux autres pointes du trigone se continuent par deux cordons très divergents, les *piliers postérieurs*, qui se recourbent en arrière et vont s'épanouir dans les parties postérieures des hémisphères.

La partie centrale du triangle s'appelle la *lyre* du trigone. Le corps calleux forme le *plafond* des ventricules latéraux et le trigone en forme le *plancher*.

Le canal de l'épendyme, avec la fine membrane qui le tapisse, se continue en avant, comme nous l'avons déjà dit, par les différentes cavités de l'encéphale (4^e ventricule; aqueduc de Sylvius, 3^e ventricule et ventricules latéraux).

À la partie postérieure du 4^e ventricule, il existe une petite ouverture, le *trou de Magendie*, qui fait communiquer ce ventricule avec l'espace sous-arachnoïdien rempli de liquide céphalo-rachidien. Ce dernier peut ainsi se répandre dans toutes les cavités des ventricules.

§ 2. **Structure du cerveau.** — Le cerveau est formé, comme la plupart des autres régions de l'encéphale, de substance *grise* et de substance *blanche* qui occupent la même position relative que dans le cervelet : la grise forme la couche superficielle ou *écorce cérébrale*; elle n'a pas plus de 2 à 3 millimètres d'épaisseur et se moule exactement sur toutes les circonvolutions cérébrales; la blanche constitue toute la masse interne.

La matière grise est formée uniquement de *neurones* entre lesquels circulent de nombreux capillaires sanguins envoyés par les vaisseaux de la pie-mère; beaucoup de cellules de névroglie sont entremêlées avec ces neurones, qui sont de différentes sortes (fig. 107).

Il y a lieu d'en distinguer deux catégories principales auxquelles on attribue un rôle prépondérant. Ce sont : 1° les *petites cellules pyramidales* que l'on regarde comme le siège de la *sensibilité*; 2° les *grandes cellules pyra-*

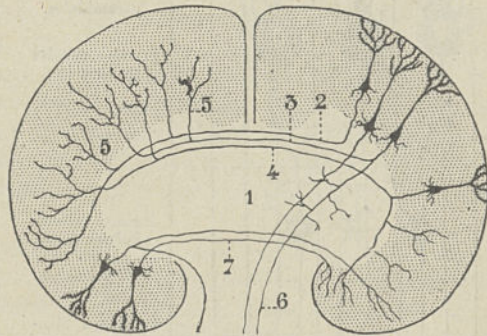


Fig. 106. — Schéma montrant, sur une coupe frontale du cerveau, la disposition probable des fibres commissurales (d'après CAJAL).

1, corps calleux, avec : 2, fibre cylindrique directe. — 3, collatérale d'une fibre de projection. — 4, collatérale d'une fibre d'association. — 5, collatérale des fibres calleuses. — 6, deux fibres de projection. — 7, deux fibres de la commissure antérieure.

midales, situées un peu plus profondément, et auxquelles on attribue la faculté d'élaborer les *excitations motrices* ou volonté.

Les unes et les autres doivent leur nom à la forme pyramidale de leur corps protoplasmique. Elles envoient de nombreux prolongements protoplasmiques variqueux vers la périphérie de l'écorce, tandis que leurs prolongements cylindraxiles se continuent en sens inverse dans la profondeur du cerveau et constituent la substance blanche. Cette dernière, à elle seule, forme presque la totalité de la matière cérébrale, puisque la substance grise ne dépasse guère 3 millimètres d'épaisseur.

Les fibres de la substance blanche se divisent en deux catégories : 1° certaines fibres partent de la surface d'un hémisphère et vont se terminer dans l'autre en passant par le *corps calleux* ou le *trigone cérébral*, qui sont ainsi formés uniquement de substance blanche; on les appelle les *fibres commissurales* (2, 3, 4, 7, fig. 106); 2° d'autres fibres convergent les unes vers les autres dans les régions profondes à la façon des rayons d'une roue, sans changer d'hémisphère : ce sont les *fibres convergentes* (6, fig. 106); certaines d'entre elles envoient des collatérales (3) dans l'hémisphère opposé.

Les faisceaux formés par les fibres convergentes dans chaque hémisphère pénètrent dans les couches optiques et les corps striés du même côté, puis se continuent inférieurement par les *péduncules cérébraux* qui descendent dans le bulbe et par les *péduncules cérébelleux supérieurs* qui vont au cervelet. C'est ainsi que s'établit la liaison du cerveau avec la moelle et les autres régions de l'encéphale.

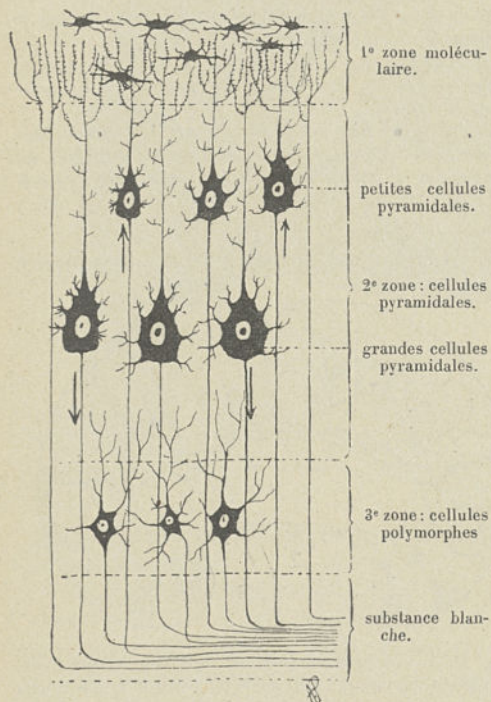


Fig. 107. — Structure du cerveau.

I. — Si on entre dans quelques détails sur la structure de la substance grise cérébrale, on y reconnaît trois zones successives de cellules : la zone externe ou *moléculaire*, la zone moyenne formée par les *cellules pyramidales* et la zone interne ou zone des *cellules polymorphes* (fig. 107).

1° La *zone moléculaire* est ainsi appelée à cause de la finesse de ses éléments et constitue surtout une couche protectrice. Elle est formée de *névroglie*, tissu de soutien constitué

par des petites cellules multipolaires dont les prolongements longs et grêles rayonnent dans toutes les directions (cellules en araignée).

Puis viennent des petites cellules fusiformes étendues parallèlement à la surface du cerveau et dont les prolongements restent confinés dans cette zone. Les prolongements protoplasmiques des cellules pyramidales dont nous parlerons tout à l'heure viennent également s'y épanouir.

Cette première zone renferme de nombreuses ramifications vasculaires qui viennent de la pie-mère et constituent par suite une couche nourricière.

2° La *zone des cellules pyramidales* est ainsi appelée à cause de la forme des corps cellulaires. Elles sont toutes effilées vers le dehors et envoient un panache de ramifications protoplasmiques variqueuses dans la zone moléculaire. Leur autre extrémité se continue par un cylindraxe qui s'enfoncé dans la profondeur du cerveau pour former la substance blanche.

On les divise en *petites cellules pyramidales* ou *cellules sensibles* auxquelles on attribue la faculté de percevoir les sensations venues de l'extérieur, et en *grandes cellules pyramidales* ou *cellules motrices* qui auraient la propriété d'élaborer les *excitations motrices* ou *volonté*. Les petites cellules sont situées en dehors des plus grandes, plus près de la surface.

3° La *zone des cellules polymorphes*, située à la partie interne de l'écorce, est formée de cellules étoilées et irrégulières, avec de nombreux prolongements protoplasmiques dont beaucoup se répandent dans la zone pyramidale; leurs cylindraxes s'enfoncent dans la profondeur du cerveau et prennent part à la formation de la substance blanche.

Il existe enfin des fibres qui viennent de la substance blanche et traversent entièrement la substance grise pour aller développer leurs arborisations terminales dans la zone moléculaire, au contact de celles des cellules pyramidales. C'est par ces fibres que les excitations sensibles périphériques sont transmises aux petites cellules pyramidales chargées de les transformer en sensations (fig. 112).

§ 3. **Nerfs crâniens.** — L'encéphale donne naissance à 12 paires de nerfs, *nerfs encéphaliques* ou *nerfs crâniens*, qui se détachent de sa face inférieure et sont disposés symétriquement tout comme ceux de la moelle épinière. L'existence de ces nerfs n'a rien qui doive surprendre, l'encéphale n'étant en somme que la partie antérieure de la moelle qui s'est renflée et différenciée. Ce sont des petits cordons blancs et brillants, formés d'une agglomération de fibres nerveuses en relation avec la substance blanche du cerveau. Ils sortent par des petits orifices percés dans la boîte crânienne et se rendent dans les organes avoisinants (muscles de la tête, organes des sens, etc.); quelques-uns même s'étendent plus loin et vont innerver les poumons, le cœur et le larynx.

Ce sont, en suivant l'ordre dans lequel ils se détachent et en commençant par les plus antérieurs (fig. 108) :

1° Les *nerfs olfactifs* (I), qui se détachent d'un renflement appelé le *bulbe olfactif*, situé tout à fait en avant et un peu au-dessous du cerveau; ils s'épanouissent chacun en un grand nombre de filets nerveux qui traversent la lame criblée de l'éthmoïde et vont ensuite se terminer dans la partie profonde de la muqueuse nasale pour y recevoir les impressions olfactives.

2° Les *nerfs optiques* (II) qui naissent des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques; après un court trajet ils forment chez les mammifères un entrecroisement partiel ou *chiasma* (5), chacun d'eux envoyant environ le tiers de ses fibres au nerf opposé. L'entrecroisement est total chez les oiseaux. Chaque nerf s'étale ensuite dans l'œil sous la forme d'une membrane nerveuse, la *rétine*, qui est impressionnable par les ondes lumineuses et constitue la partie fondamentale de l'organe de la vision.

3° Les *nerfs oculo-moteurs communs* (III) innervent l'iris et les différents muscles de l'œil, excepté le grand oblique et le droit externe.

4° Les *nerfs pathétiques* (IV) innervent spécialement les muscles grands obliques qui commandent aux yeux un léger mouvement de rotation.

5° Les *nerfs trijumeaux* (V, fig. 108 et V, fig. 109), ainsi appelés parce qu'ils se subdivisent chacun en trois branches qui partent toutes trois d'un même renflement (*ganglion de Gasser*) : la *branche ophtalmique* (O) qui donne la sensibilité générale au globe de l'œil et à la muqueuse du nez; —

la *branche maxillaire supérieure (m.s)* qui se rend également à la muqueuse du nez et en outre aux dents de la mâchoire supérieure (nerfs dentaires); — la *branche maxillaire inférieure (m.i)* qui innerve les dents du bas et envoie un rameau spécial, le *nerf lingual*, à la partie antérieure de la

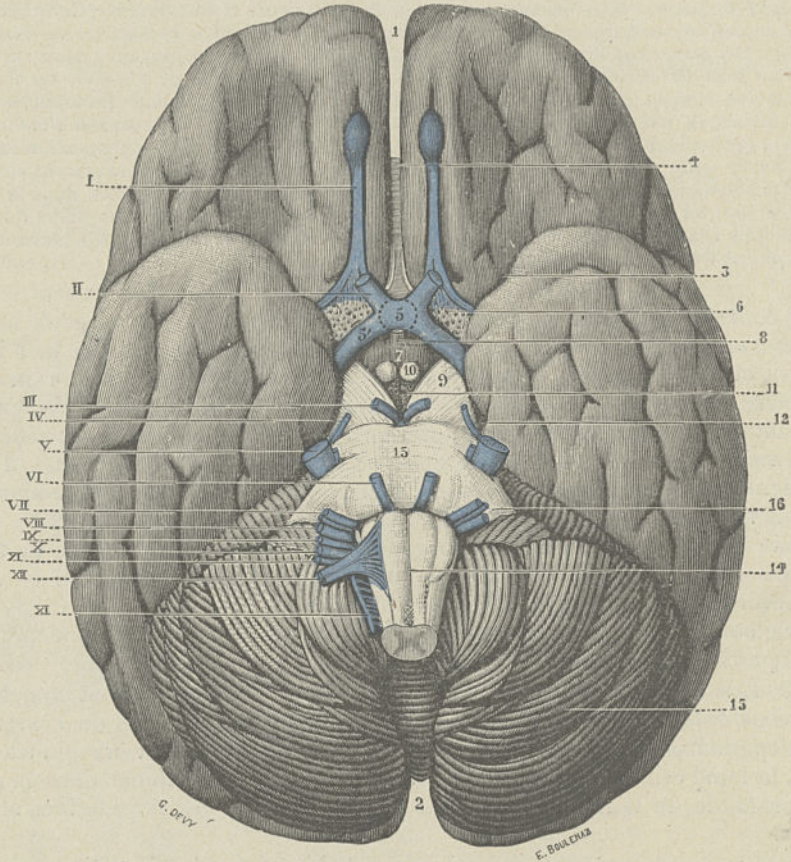


Fig. 108. — Face inférieure du cerveau montrant l'origine des nerfs crâniens.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

1 et 2 grand sillon antéro-postérieur qui sépare les deux hémisphères; scissure de Sylvius. — 5, chiasma des nerfs optiques; le cercle en pointillé est le contour du corps pituitaire. — 9, pédoncules cérébraux. — 13, protubérance annulaire. — 14, bulbe rachidien. — 15, cervelet. — 16, pédoncule cérébelleux moyen.

I, nerf olfactif. — II, nerf optique. — III, moteur oculaire commun. — IV, pathétique. — V, trijumeau avec ses deux racines. — VI, moteur oculaire. — VII, facial. — VIII, auditif. — IX, glosso-pharyngien. — X, pneumogastrique. — XI, spinal. — XII, grand hypoglosse.

langue. Chacune de ces trois branches est en relation directe avec un ganglion sympathique (O', S et o) dont il sera question plus loin.

6° Les *nerfs oculo-moteurs externes* (VI) se rendent dans les muscles droits externes.

7° Les *nerfs faciaux* (VII) innervent les muscles de la face et sont par suite les nerfs de la physionomie; ils naissent par deux racines dont l'une, appelée le *nerf intermédiaire* de Wrisberg, est sensitive; ils possèdent

chacun une ramification, la *corde du tympan*, qui traverse l'oreille moyenne au voisinage du tympan, puis s'acole au nerf lingual pour se rendre aux glandes sous-maxillaires et à la langue à laquelle ils apportent des fibres gustatives (VII, fig. 109).

8° Les *nerfs auditifs* (VIII) se rendent à l'oreille interne; leurs terminaisons sont excitables par les ondes sonores.

9° Les *nerfs glosso-pharyngiens* (IX) se ramifient à la surface de la langue; ils lui donnent la sensibilité générale dans le tiers postérieur et président à la gustation dans la même région postérieure.

10° Les *nerfs pneumogastriques* (X) innervent trois organes très importants, le cœur, les poumons et l'estomac, ce qui les fait encore qualifier de *nerfs triplanchniques*.

11° Les *nerfs spinaux* (XI) naissent par de nombreuses racines vers la partie terminale du bulbe et innervent en particulier les muscles du larynx; ce sont les *nerfs de la phonation*; d'autres filets importants s'accolent aux pneumogastriques et se rendent au cœur dont ils modèrent les battements.

12° Les *nerfs hypoglosses* (XII) se ramifient dans les muscles de langue auxquels ils portent la volonté; leur section paralyse cet organe.

De ces douze paires de nerfs, il n'y a que les quatre premières qui naissent de la base du cerveau; tous les autres se détachent du bulbe. On les compte d'avant en arrière dans l'ordre qui précède et en les désignant souvent tout simplement par leur numéro.

Au point de vue de leurs fonctions, ils se divisent en trois catégories :

1° *Trois paires de nerfs exclusivement sensitifs* : les olfactifs, les optiques et les auditifs; leur section amène la suppression de la fonction de l'organe où ils se rendent.

2° *Cinq paires de nerfs exclusivement moteurs* : les 3 paires qui se rendent aux muscles des yeux, les spinaux et les hypoglosses.

3° *Quatre paires de nerfs mixtes* : ce sont les trijumeaux, les faciaux, les glosso-pharyngiens et les pneumogastriques. Ils sont formés par la réunion de fibres motrices et de fibres sensitives tout comme les nerfs rachidiens; ils ont la double fonction de conduire au cerveau des impressions produites à

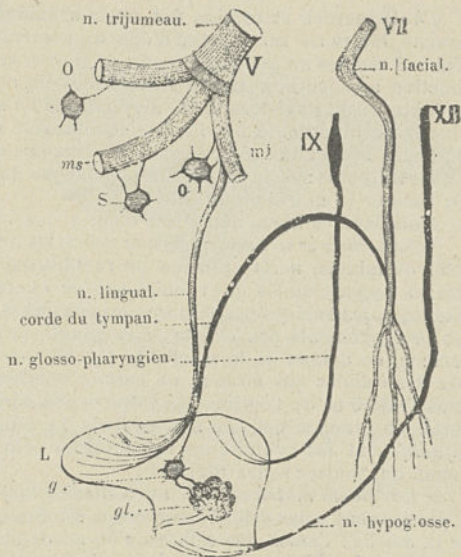


Fig. 109. — Schéma représentant la marche de certains nerfs de l'encéphale.

V, nerf trijumeau qui se subdivise en trois branches : l'ophtalmique O, le maxillaire supérieur ms, le maxillaire inférieur mi. — Ce dernier envoie dans la langue le *nerf lingual*. — VII, nerf facial d'où se détache la corde du tympan qui se réunit au nerf lingual pour innervent la langue. — IX, nerf glosso-pharyngien qui se rend à la surface de la langue (nerf de la gustation). — O', ganglion ophtalmique. — S, ganglion sphéno-palatin ou de Meckel sur le trajet du maxillaire supérieur. — o, ganglion otique. — L, langue. — gl, ganglion sous-maxillaire. — g, glande sous-maxillaire.

la périphérie du corps et de transmettre aux muscles périphériques les excitations motrices élaborées par le cerveau.

En somme, les nerfs qui se détachent du cerveau sont mieux spécialisés que ceux de la moelle épinière ; tous mixtes le long de cette dernière, il s'en trouve encore quelques-uns de cette nature dans le crâne, mais tous les autres (8 paires sur 12) sont uniquement sensitifs ou uniquement moteurs.

§ 4. **Structure et origine des nerfs crâniens.** — Chacun de ces nerfs est formé, tout comme les nerfs rachidiens, d'une agglomération de fibres nerveuses ; celles-ci sont d'abord réunies en petits faisceaux primaires entourés chacun d'une fine enveloppe conjonctive appelée la *gaine de Henle* ; puis un certain nombre de ces faisceaux primaires se juxtaposent pour former un *nerf* unique en s'entourant d'une nouvelle enveloppe conjonctive commune, le *névrilemme*, qui envoie même des cloisons irrégulières entre les différents faisceaux ; c'est dans le névrilemme seul et ses cloisons que circulent les vaisseaux sanguins : de là le plasma pénètre par infiltration dans la substance nerveuse pour en assurer la nutrition (fig. 87).

L'origine des fibres nerveuses obéit à une loi générale :

1° Les *fibres sensitives*, quels que soient les nerfs auxquels elles appartiennent (nerfs sensitifs ou mixtes, nerfs crâniens ou rachidiens), sont toujours constituées par des cylindraxes appartenant à des cellules situées *en dehors de l'encéphale ou de la moelle*. C'est ainsi que les racines postérieures ou sensitives des nerfs rachidiens sont constituées par les prolongements des cellules des ganglions spinaux situés sur le trajet même de ces racines, en dehors de la moelle (g fig. 88) ; — les *fibres du nerf auditif* sont envoyées par des cellules qui forment un certain nombre de ganglions sur le trajet même du nerf dans l'intérieur de l'oreille (fig. 169) ; — les *fibres du nerf optique* sont les cylindraxes de certaines grandes cellules situées dans la rétine (fig. 144) ; — enfin, les *fibres du nerf olfactif* sont les cylindraxes de certaines cellules nerveuses situées dans la muqueuse même qui tapisse le nez (fig. 120).

2° Les *fibres motrices* sont au contraire toujours constituées par des cylindraxes qui appartiennent à des cellules nerveuses situées dans la substance grise de l'encéphale ou de la moelle ; l'amas des cellules d'où se détache un nerf constitue son *noyau d'origine*. Exemples : les fibres motrices des racines antérieures des nerfs rachidiens sont envoyées par les grandes cellules *m* des cornes antérieures de la moelle (fig. 88) ; les deux hypoglosses prennent naissance dans deux noyaux de substance grise situés à la partie terminale du bulbe, etc.

3° Si le nerf est mixte, ses fibres n'ont pas toutes la même origine : les *sensitives* sont envoyées par des cellules situées en dehors de l'encéphale ou de la moelle et formant un ganglion sur le trajet du nerf ; les *motrices* tirent leur origine de noyaux gris situés dans l'intérieur même de la moelle ou de l'encéphale. Exemple : les nerfs mixtes de la moelle (fig. 88), les pneumogastriques, etc.

Pour reconnaître la position des cellules nerveuses par rapport à leurs fibres, on sectionne celles-ci quelque part : le *tronçon qui a perdu ses relations avec les cellules d'origine entre en dégénérescence* (dégénérescence wallérienne, de l'anatomiste Waller).

ROLE DU CERVEAU

Les hémisphères cérébraux sont le siège de trois fonctions distinctes qu'ils ne partagent avec aucune autre partie de l'encéphale et qui s'accomplissent toutes les trois dans la substance corticale : la *sensibilité*, la *motricité* et l'*intelligence*.

1° La substance grise *perçoit les excitations* qui ont été produites à la surface du corps sur les organes sensoriels, telles que celles qu'exercent la lumière sur la rétine, une piqûre sur les terminaisons nerveuses de l'épiderme, etc., et elle les transforme en *sensations*. En d'autres termes, nous ne percevons les excitations périphériques qu'après qu'elles ont été con-

duites aux cellules de la substance grise du cerveau, qui leur font vraisemblablement subir une élaboration particulière sur laquelle nous ne savons d'ailleurs absolument rien de précis. On admet que ce sont les *petites cellules pyramidales* qui perçoivent ces excitations sensibles parce qu'on a constaté qu'elles sont en voie de dégénérescence dans certaines maladies où la sensibilité est supprimée.

2° La même substance grise *élabore des excitations motrices ou volonté* que les nerfs transmettent ensuite aux différents muscles pour en déterminer les mouvements. On croit que ce sont les *grandes cellules pyramidales* qui sont le siège de cette élaboration, parce qu'on les trouve toujours en voie de dégénérescence dans les paralysies d'origine cérébrale.

3° Enfin, le cerveau est le siège des facultés intellectuelles.

Si on prive un pigeon de son cerveau, il peut vivre encore plusieurs mois, puisque nous savons que les fonctions de la vie végétative, digestion, circulation, respiration, etc., ne sont que des réflexes commandés pour la plupart par le bulbe. Seulement, la volonté et la sensibilité sont supprimées, de même que les facultés intellectuelles.

Ces faits ont été établis pour la première fois par le physiologiste Flourens (1840) en opérant sur des pigeons, des grenouilles ou des mammifères (fig. 110).

L'oiseau privé de son cerveau reste immobile, la tête et le cou enfoncés dans les plumes; il ferme les yeux et paraît étranger à tout ce qui se passe autour de lui; il ne touche plus à sa nourriture. Il n'a plus ni *volonté*, ni *sensibilité*. Mais il fait quelques pas si on le pousse; il vole si on le lance en l'air et paraît encore capable dans une certaine mesure de se détourner des obstacles; il mange si on lui met de la nourriture au fond de la bouche: tous ces phénomènes ne sont que des réflexes déterminés par les *excitations* produites à la surface du corps et qui ont leur siège dans la moelle. Dès qu'on le laisse tranquille, il se rendort. La *respiration*, la *circulation* et la *digestion* se maintiennent parce qu'elles sont commandées par le bulbe. L'oiseau privé de son cerveau devient donc un véritable automate. Mais il peut vivre longtemps à condition qu'on le fasse manger. Flourens a gardé une poule dans ces conditions pendant dix mois.

Chez les mammifères, l'ablation du cerveau est au contraire rapidement mortelle, preuve que son action doit certainement s'exercer indirectement sur les organes de la vie végétative. Toutefois, les très jeunes mammifères survivent quelque temps et leurs facultés ne sont pas complètement abolies: des jeunes lapins marchent et sautent encore avec coordination; ils se sauvent droit devant eux si on leur pince fortement la queue.

On a pu faire vivre également deux chiens auxquels *on n'avait laissé qu'une toute petite partie inférieure des hémisphères cérébraux*; la plupart de leurs facultés étaient ou émoussées ou complètement abolies. Ils ne paraissent

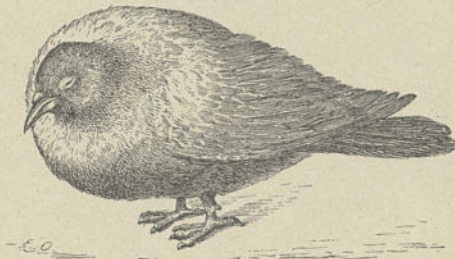


Fig. 109 bis. — Pigeon privé de ses deux hémisphères cérébraux (HÉDON).

saient pas complètement aveugles ni absolument sourds, car un bruit très fort les réveillait; ils rôdaient sans cesse, paraissant se guider encore par la vue, happaient souvent à côté de leur nourriture quand on la leur mettait sous le nez, essayaient de mordre quand on leur pinçait la patte. Les fonctions motrices et sensitives eussent été sans doute abolies en totalité si

l'ablation des hémisphères eût été complète.

Les accidents sont beaucoup moins graves chez les Vertébrés inférieurs parce que leur cerveau n'a pas opéré une centralisation aussi complète de la direction des phénomènes physiologiques. Une grenouille sans cerveau a exactement la même attitude qu'une grenouille normale; jetée dans l'eau, elle nage; excitée, elle saute et même évite les obstacles; elle avale les aliments qu'on lui met dans la bouche, mais ne les prend pas d'elle-même. On peut la garder longtemps vivante si on la fait manger.

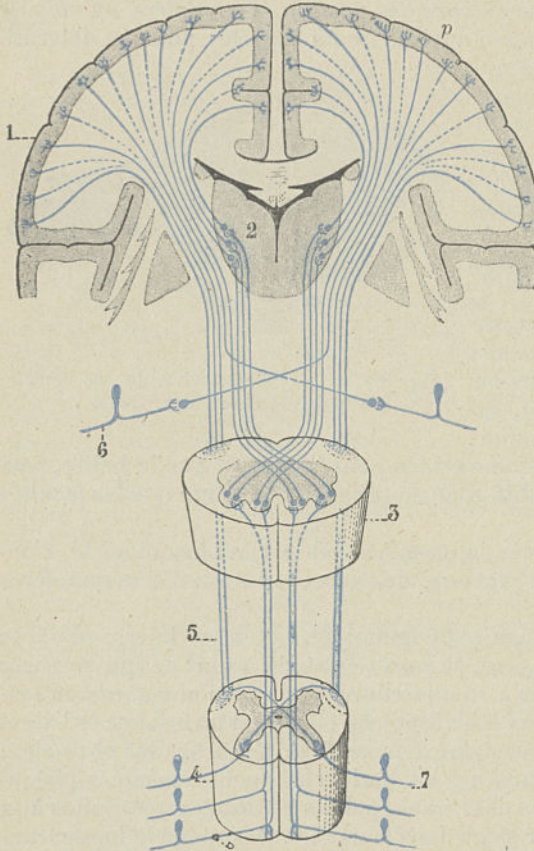


Fig. 410. — Voie sensitive centrale (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, écorce cérébrale. — 2, couche optique. — 3, un tronçon du bulbe avec fibres des cordons postérieurs qui s'y entrecroisent. — 4, un tronçon de moelle, — 5, faisceau de Gowers (faisceau sensitif fourni par le cordon latéral à fibres entrecroisées dans la moelle. — 6, un nerf sensitif bulbaire à fibres entrecroisées. — 7, racines postérieures des nerfs rachidiens avec leur ganglion spinal. — p, petites cellules pyramidales.

excitations lumineuses reçues par la rétine? Elles sont emmenées par les fibres du nerf optique dans la couche optique et de là jusqu'aux petites cellules pyramidales; mais comme les nerfs optiques s'entrecroisent partiellement au chiasma (5, fig. 108), il en résulte que l'excitation lumineuse reçue par l'un des yeux est transmise simultanément aux deux hémisphères cérébraux.

La marche des *excitations tactiles* produites à la surface du corps est

§ 1. Marche de la sensibilité. — Les excitations sensitives produites sur les organes des sens sont conduites au cerveau par les nerfs qui partent de ces organes. Ainsi, le nerf auditif conduit les excitations sonores reçues par l'oreille; mais ses fibres s'entrecroisent au delà du bulbe avant d'arriver dans la couche optique, et l'ablation d'un hémisphère cérébral amène la surdité dans l'oreille opposée. S'agit-il des excita-

beaucoup plus longue; les voies sensibles paraissent d'ailleurs multiples et elles peuvent emprunter ou ne pas emprunter l'intermédiaire du cervelet. La voie principale qu'elles suivent paraît être la suivante (fig. 110).

Les excitations reçues par les organes tactiles de la peau sont conduites par les *fibres sensibles* des nerfs rachidiens (7, fig. 110), passent dans les *cordons postérieurs* et les *faisceaux latéraux sensitifs* (5) de la moelle, suivent les *pédoncules cérébraux* (étage ventral) qui sortent du bulbe et les *pédoncules cérébelleux supérieurs* sortant du cervelet, et arrivent ainsi dans les *couches optiques* (2); de là, elles sont conduites aux petites cellules pyramidales *p*, qui les *transforment en sensations*.

Or, si l'on se rappelle que les fibres des cordons postérieurs de la moelle *s'entrecroisent* dans le bulbe et que celles des *faisceaux latéraux sensitifs* les plus importants *s'entrecroisent* à leur origine dans la moelle (fig. 89), on arrive à la conclusion que la *voie tactile principale est entrecroisée*.

Cette voie sensitive centrale est regardée comme la principale; il y en a d'autres secondaires qui sont loin d'être déterminées d'une façon précise et on ignore, par exemple, la marche que suivent les impressions douloureuses; certaines fibres sensibles des cordons latéraux pénètrent indirectement, en effet, dans le cervelet (faisceau cérébelleux); mais elles paraissent se mettre ensuite en rapport avec l'écorce cérébrale par des relais assez compliqués et encore mal connus.

Nous ne savons rien de précis sur le travail particulier qui se fait dans les cellules cérébrales et à la suite duquel nous percevons les sensations.

Il s'agit très vraisemblablement de mouvements moléculaires d'une modalité spéciale déterminés par les excitations périphériques. Mais comment ces mouvements moléculaires arrivent-ils à constituer une sensation?

La mémoire est probablement due à des sensations qui se sont conservées dans les cellules cérébrales et qui reparaissent au bout d'un temps plus ou moins long.

L'irritation produite par les impressions sensorielles se communique de proche en proche sur tout le trajet des fibres conductrices; et si ce trajet est interrompu en un point quelconque, l'ébranlement ou influx nerveux est arrêté en route comme s'il s'agissait d'un courant électrique; il n'arrive plus aux cellules de l'écorce cérébrale chargées de les percevoir. C'est ce qui se

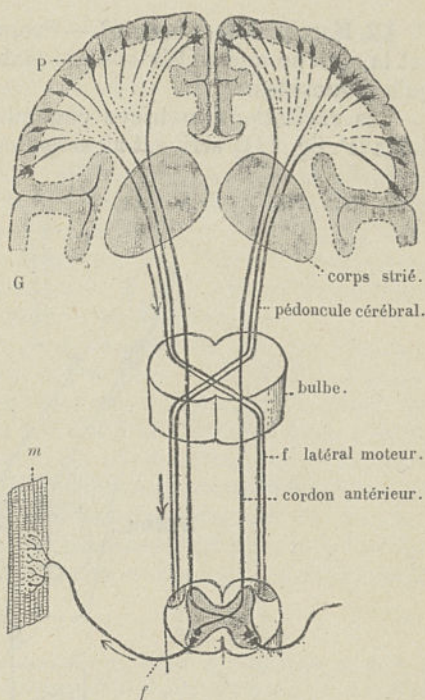


Fig. 111. — Voie motrice principale.

G, écorce cérébrale (substance grise). — P, grande cellule pyramidale. — m, muscle. — f, une des fibres motrices d'une racine antérieure.

passé lorsqu'on sectionne soit le nerf, soit la moelle, soit les couches optiques.

Le cerveau, siège de la perception des sensations, est cependant privé lui-même de toute sensibilité. L'expérience la plus intéressante que l'on possède à ce sujet est celle d'un cheval auquel on a pu enlever quelques tranches de son cerveau pendant qu'il mangeait tranquillement son avoine, sans qu'il parût incommodé par l'opération à laquelle on se livrait sur lui.

§ 2. **Marche de la motricité.** — Proposons-nous maintenant d'établir quelle est la marche que suit la *volonté* élaborée par le cerveau pour arriver jusqu'aux muscles.

Les excitations motrices engendrées par les grandes cellules pyramidales (P. fig. 111) arrivent au *corps strié* du même côté, puis descendent par

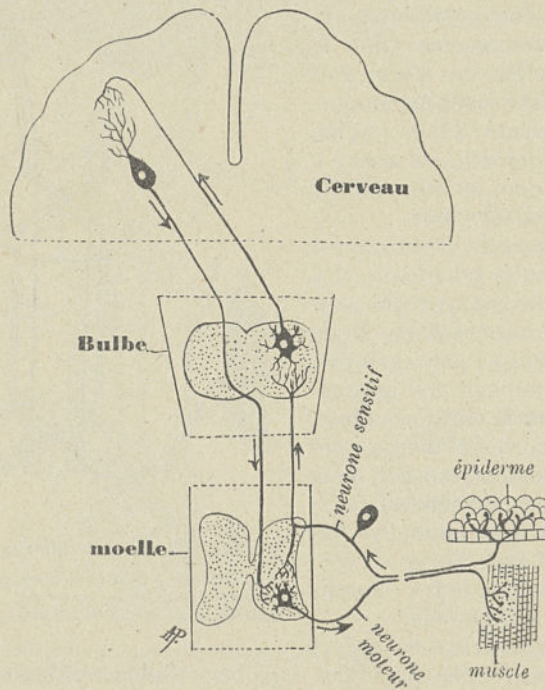


Fig. 112. — Schéma montrant la marche d'un réflexe conscient, c'est-à-dire ayant son centre dans le cerveau.

les *péduncules cérébraux* (face ventrale) et les *pyramides antérieures* pour atteindre les *cordons antérieurs* et les *faisceaux latéraux moteurs* de la moelle; ces différents cordons moteurs les transmettent enfin aux fibres motrices *f* des nerfs rachidiens qui se terminent par un buisson de ramifications en contact intime avec la substance musculaire *m* (fig. 111).

Or, les fibres des cordons antérieurs *s'entrecroisent* dans l'intérieur de la substance grise de la moelle (a fig. 89 et fig. 111) et celles des faisceaux latéraux moteurs *s'entrecroisent* de leur côté dans le bulbe, il en résulte

que la *marche de la motricité est entrecroisée* tout comme la sensibilité.

Si on enlève l'un des hémisphères cérébraux, les excitations volontaires ne sont plus élaborées dans cette moitié de l'encéphale et on *détermine une paralysie générale dans la moitié opposée du corps*; on dit qu'il y a *hémiplégie*.

Cela se produit accidentellement lorsqu'une moitié du cerveau est détruite par des lésions, ou qu'elle éprouve une forte compression par un afflux trop considérable de sang.

Les excitations motrices paraissent être engendrées directement par les cellules nerveuses en vertu de leur énergie propre; mais en réalité tous nos actes volontaires ne sont peut-être que des actes réflexes provoqués par des impressions périphériques qui se sont emmagasinées, pour ainsi dire, dans les cellules sensitives de l'écorce cérébrale, et qui réapparaissent à un moment donné en provoquant dans les cellules motrices un ébranlement réflexe de même nature que ceux que nous avons expliqués dans la moelle. Nous avons expliqué antérieurement que la marche, les mouvements de la main dans l'écriture, etc., ne sont sans doute que des réflexes produits par des excitations périphériques qui se sont fixées dans le cerveau au moment où nous faisons l'apprentissage de la marche ou de l'écriture.

La figure 112 représente la marche probable de ces réflexes dits *conscients* par opposition aux *réflexes simples* que nous avons étudiés à propos de la moelle. Les excitations périphériques se transmettent d'abord aux petites cellules pyramidales de l'écorce cérébrale par l'intermédiaire des cellules du bulbe. Puis, à un moment donné, ces excitations, restées jusque-là emmagasinées dans les petites cellules pyramidales, sont transmises par celles-ci aux grandes cellules motrices de la moelle *m* (fig. 88) en suivant la voie indiquée par la figure 111. Ces dernières élaborent alors des excitations motrices tout comme lorsqu'elles reçoivent leurs excitations sensitives directement de la surface du corps.

§ 3. **Localisations cérébrales.** — L'écorce du cerveau étant le siège des excitations motrices, des perceptions sensitives et des fonctions intellectuelles, il y a lieu de se demander si ces différentes fonctions *s'élaborent seulement dans une région spéciale* du cerveau ou *sur toute son étendue*. De nombreuses expériences faites sur des chiens et des singes d'une part, et d'autre part un nombre considérable d'observations faites sur des personnes atteintes de maladies nerveuses, ont permis d'établir qu'il existe certaines régions de l'écorce cérébrale affectées spécialement soit à la *motricité*, soit à la *sensibilité*, soit aux *facultés psychiques*. Leur détermination précise est difficile; certaines régions motrices paraissent s'enchevêtrer avec des régions sensitives et les physiologistes sont loin d'être d'accord. Voici les points principaux qui sont généralement admis :

I. **Localisations cérébrales motrices.** — Pour ce qui concerne les mouvements, l'expérience montre que lorsqu'on excite par l'électricité une région déterminée de l'écorce cérébrale, on détermine des contractions dans certains muscles, *qui sont toujours les mêmes*. La portion ainsi électrisée est regardée comme le *centre nerveux* qui commande aux mouvements des muscles en question, contrairement à l'opinion de Flourens qui n'admettait pas de sièges distincts pour les diverses facultés. La destruction de ce centre détermine la paralysie des mêmes muscles.

On a ainsi déterminé expérimentalement un certain nombre de *centres moteurs* chez le singe et le chien. On en connaît également trois principaux chez l'homme, que l'on a établis surtout en recherchant, sur des malades partiellement paralysés, quelle était la région cérébrale qui était détruite (fig. 113).

Ce sont, dans chaque hémisphère : 1° le centre des mouvements du membre inférieur situé tout autour de la partie supérieure du sillon de Rolando (A, fig. 113); une excitation produite dans cette région fait mouvoir la jambe *opposée*, puisque la marche de la motri-

cité est entrecroisée ; — 2° le centre des mouvements du membre supérieur, situé un peu au-dessous du précédent et étendu encore en arrière et en avant du sillon de Rolando (B, fig. 113) ; — 3° le centre des mouvements des muscles de la face et de la langue (C fig. 113) situé un peu au-dessous du précédent, toujours dans la région rolandique.

La région du sillon de Rolando est donc particulièrement motrice. Si on l'électrise tout entière d'un côté, on détermine des mouvements dans toute la moitié opposée du corps ; l'ablation totale de l'écorce cérébrale dans cette même région détermine la paralysie complète dans la moitié opposée du corps (*hémiplégie*). Enfin de nombreuses autopsies de personnes qui avaient été atteintes de paralysie de certains groupes musculaires ont toujours montré des lésions dans les centres moteurs correspondants.

Ajoutons que nos connaissances sur les localisations motrices sont encore très imparfaites et que certains faits, très importants, n'ont pas encore reçu d'explication. Par exemple, on enlève sur le cerveau d'un chien la petite portion de substance grise qui, quand on l'électrise, amène les mouvements de la patte antérieure. Celle-ci est paralysée subitement après l'opération, mais au bout de quelques jours elle recommence à se mouvoir. Toutefois certains mouvements, qui paraissent plus particulièrement volontaires, ne

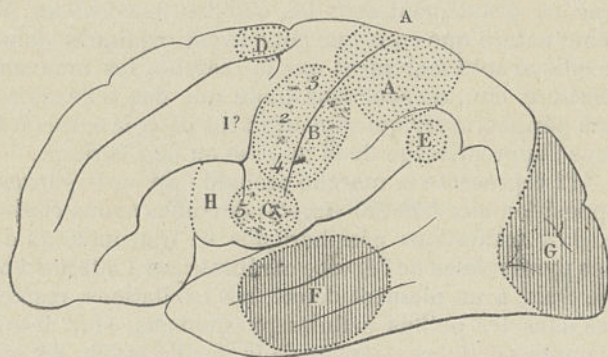


Fig. 114. — Hémisphère gauche vu par sa face externe (Hédon).

A, centre moteur du membre inférieur droit. — 1, mouvement du gros orteil. — B, centre moteur du membre supérieur droit. — 2, centre de l'avant-bras et de la main. — 3, centre de l'épaule. — 4, centre du pouce. — C, centre des mouvements de la face et de la langue (5). — D, muscles de la nuque et du cou. — H, centre du langage articulé. — F, centre auditif et centre du sens des mots parlés (tre tempore). — I, centre des mouvements de l'écriture et du sens des mots écrits. — G, centre visuel.

reviennent pas, par exemple donner la patte ou tenir un os pour le ronger. Or, si la substance grise enlevée était réellement le centre moteur définitif et unique du membre, la paralysie de ce dernier eût dû être persistante.

Comme les cellules avoisinant la partie opérée ne se régénèrent pas chez les Vertébrés supérieurs, on admet habituellement qu'elles se sont entraînées au point de vue fonctionnel et qu'elles arrivent à remplacer physiologiquement celles qui ont été enlevées ; il y a, dit-on, *suppléance physiologique*. Mais ces phénomènes sont plus rares chez l'homme et le singe ; chez eux, la paralysie qui résulte d'une destruction des centres moteurs est toujours durable.

II. *Localisations sensorielles.* — Les centres qui paraissent bien établis sont ceux de la vision, de l'audition et de la sensibilité tactile.

1° Le centre de la vision est situé dans les deux lobes occipitaux (G, fig. 113) avec lesquels les nerfs optiques sont en relation anatomique par des faisceaux de fibres partant des tubercules quadrijumeaux ; l'ablation de ces lobes détermine une cécité complète. Comme les fibres des nerfs optiques s'entrecroisent partiellement, il en résulte que la destruction d'un des lobes occipitaux n'amène pas la cécité totale dans l'un des yeux : la vision est seulement abolie dans le tiers externe de l'œil correspondant et dans les deux tiers internes de l'œil opposé (le tiers externe des fibres de la rétine est direct, les deux autres tiers sont croisés dans le chiasma).

2° Le centre auditif se trouve dans le lobe temporal et plus particulièrement dans la partie moyenne de la première et de la seconde temporales (F, fig. 113). L'ablation de cette région amène la surdité dans l'oreille opposée.

3° Le centre de la sensibilité tactile. Les auteurs ne sont pas d'accord sur sa position ;

l'opinion la plus générale; c'est que la région motrice de la zone rolandique (A, B, C, fig. 113) est aussi le siège de la sensibilité générale et de la sensibilité musculaire; c'est ainsi que le centre moteur A du membre inférieur préside aussi à la sensibilité de ce membre du côté opposé; le centre moteur B préside à la sensibilité du membre supérieur du côté opposé, etc. La région rolandique serait donc *sensitivo-motrice*.

III. *Localisations psychiques*. — Les facultés intellectuelles sont-elles localisées dans certaines régions du cerveau? Certains auteurs l'affirment en se basant sur des expériences faites sur des singes et sur les accidents produits par des lésions du cerveau de l'homme. D'autres estiment, au contraire, que ces facultés n'ont pas de siège particulier dans l'écorce cérébrale et que leurs manifestations nécessitent l'intervention de tous les centres psychosensibles. Les partisans des localisations admettent *quatre centres principaux* dans chacun desquels serait localisée une faculté psychique (*psuché*, âme); *tous les quatre sont situés dans l'hémisphère gauche*. Ce sont (fig. 113):

1° *Le centre du langage ou centre de la mémoire des mouvements nécessaires à l'articulation de la parole*. — Il est situé à la base de la troisième circonvolution frontale gauche ou *circonvolution de Broca*, qui le découvrit en 1861 (H, fig. 113). Lorsque cette circonvolution est altérée ou détruite, le malade ne sait plus faire les mouvements nécessaires pour articuler les mots. Les muscles de la langue et du larynx ne sont cependant pas paralysés; le malade comprend ce qu'on lui dit, il lit et écrit si toutefois aucune autre région nerveuse n'est atteinte; ses idées sont intactes, mais il ne sait plus les exprimer parce qu'il a perdu le souvenir des mouvements à faire pour articuler les mots.

Cette affection s'appelle l'*aphasie* (*a*, privatif; *phasis*, parole).

S'il y a guérison et que la parole revienne, au début le malade applique les mots qu'il prononce à des choses quelconques; il appelle *chaise* une table, etc. Certains auteurs ont prétendu que le talent de la parole est d'autant plus développé que la troisième circonvolution est plus volumineuse; celle de Gambetta était de beaucoup supérieure à la moyenne.

Nous devons ajouter toutefois que la localisation du langage articulé paraît très ébranlée aujourd'hui à la suite des travaux du Dr P. Marie qui a étudié à son tour, au musée Dupuytren, les trois cerveaux sur lesquels Broca avait lui-même fait porter ses recherches. Le Dr Marie a trouvé que les lésions ne sont pas limitées à la 3^e frontale et il estime par suite que les trois cas de Broca ne sont ni assez probants, ni assez nombreux pour qu'on puisse conserver la loi classique; sans compter qu'il cite, avec d'autres auteurs, des cas d'aphasie non accompagnés de la destruction de la 3^e frontale gauche et inversement des cas de destruction de cette 3^e frontale chez des droitiers sans qu'il y ait eu aphasie.

2° *Le centre de la mémoire du sens des mots*. — Il est situé dans la 4^e circonvolution temporale de gauche (au-dessus de F, fig. 113).

Les personnes chez lesquelles cette circonvolution présente des lésions entendent parfaitement ce qui se dit autour d'elles, *mais elles ne comprennent plus le sens des mots* et répondent à côté de la question qui leur est posée. Elles peuvent répéter les mots qu'elles entendent, mais sans en comprendre le sens. On dit qu'elles sont atteintes de *surdité verbale*. Mais les autres facultés peuvent être intactes; le malade peut lire, écrire, penser juste et répondre par écrit aux questions qui lui sont posées également par écrit. Cette affection, qui se produit en particulier à la suite des attaques d'apoplexie, est la *paraphasie* (*para*, à côté; *phasis*, parole).

3° *Le centre de la mémoire du sens des mots écrits*. — Certains auteurs le localisent dans la 2^e pariétale gauche (E, fig. 113). Cette partie étant lésée, le malade voit les mots, les écrit de lui-même ou sous la dictée, mais n'en comprend plus le sens; c'est ce qu'on appelle la *cécité verbale*.

4° *Le centre des mouvements de l'écriture*. — On le place généralement dans la 2^e frontale (I ? fig. 113); quand ce centre est atteint dans une attaque d'apoplexie, par exemple, le malade est incapable d'écrire; il a perdu le souvenir des mouvements à faire pour tracer les lettres. C'est ce qu'on appelle l'*agraphie* (*a*, privatif; *graphé*, écriture).

CHAPITRE IV

SYSTÈME DU GRAND SYMPATHIQUE

§ 1. **Description.** — Les nerfs rachidiens et les nerfs crâniens se rendent uniquement, comme nous l'avons vu, aux organes des sens et aux muscles striés ou volontaires. Parmi eux, les pneumogastriques seuls (10^e paire crânienne) vont se ramifier dans certains viscères, cœur, poumons, estomac.

Tous les organes de la vie végétative, c'est-à-dire tous ceux qui prennent une part plus ou moins directe aux phénomènes de la nutrition, tels que les organes de la digestion, de la respiration, de la circulation, etc., sont spécialement innervés par des nerfs distincts de ceux du crâne et de la moelle épinière, et dont l'ensemble constitue le *système du grand sympathique*.

Les sécrétions des glandes (glandes salivaires, glandes gastriques, etc.) sont également sous la dépendance de ces nerfs particuliers.

Or, tous les organes de la vie végétative fonctionnant indépendamment de la volonté, c'est dire que les excitations motrices qui leur sont amenées par les nerfs du sympathique ne sont que des *réflexes* qui, comme la plupart des actes de cette nature, sont commandés soit par la moelle, soit par le bulbe.

Le système du sympathique se compose essentiellement de deux grands nerfs (fig. 114 et 115) qui s'étendent le long des faces latérales et internes de la colonne vertébrale. Ils commencent à la première vertèbre cervicale pour se terminer à la dernière vertèbre sacrée, et ils se prolongent même en haut dans la cavité du crâne, où chacun d'eux possède trois ganglions (ganglions intra-crâniens) placés sur le trajet des trois branches du trijumeau (fig. 109).

De plus chaque nerf présente sur son parcours, le long de la colonne vertébrale, 23 petits renflements ou ganglions de couleur rosée, fusiformes et formés chacun d'un amas de cellules multipolaires; tous sont placés régulièrement au voisinage des trous de conjugaison des vertèbres. Enfin de ces ganglions il se détache de nombreuses ramifications qui se rendent aux différents viscères, poumons, cœur, vaisseaux sanguins, tube digestif, foie et reins.

Ces ramifications présentent très fréquemment sur leur trajet des enchevêtrements ou *plexus*, pourvus eux-mêmes de petits ganglions secondaires. On trouve trois de ces derniers dans les parois du cœur.

Le plus important de ces plexus est le *plexus solaire*, surmonté lui-même de deux autres ganglions arqués (*ganglions semi-lunaires*) dont l'ensemble forme, au voisinage de l'estomac, une masse volumineuse de nerfs et de ganglions enchevêtrés que les anciens physiologistes appelaient le *cerveau abdominal*, parce qu'ils la croyaient indépendante du système cérébro-spinal.

Les nerfs sympathiques, que l'on peut encore appeler les *nerfs viscéraux*, ne sont formés que de *fibres sans myéline* ou de Rémak, ce qui leur donne une teinte grisâtre, tandis que les autres ont plutôt un aspect nacré dû à la myéline; cependant, dans la partie centrale d'un nerf sympathique, il existe toujours une fibre à myéline.

Les différents ganglions du système sympathique se répartissent en cinq groupes d'après la région qu'ils occupent :

1° *Trois paires de ganglions intra-crâniens* (fig. 109) situées sur le trajet des trijumeaux :

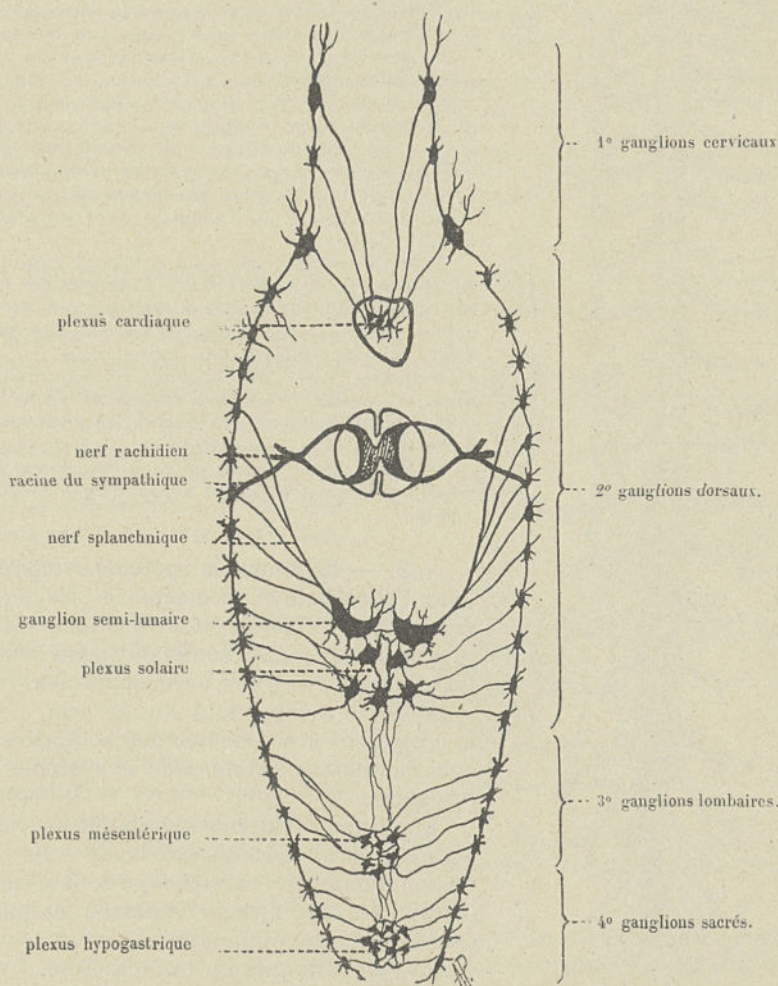


Fig. 114. — Système du grand sympathique.

La colonne vertébrale s'étend de haut en bas entre les deux nerfs sympathiques. — Au milieu, coupe de la moelle épinière montrant les relations des sympathiques avec les nerfs rachidiens.

le *ganglion ophthalmique* O' situé près du nerf optique et relié à la branche ophthalmique du trijumeau ; — le *ganglion sphéno-palatin* S ou ganglion de Meckel placé tout près du nerf maxillaire supérieur ; — le *ganglion optique*, o, sur le trajet du nerf maxillaire inférieur.

2° *Trois paires de ganglions cervicaux* placés de chaque côté des vertèbres du cou

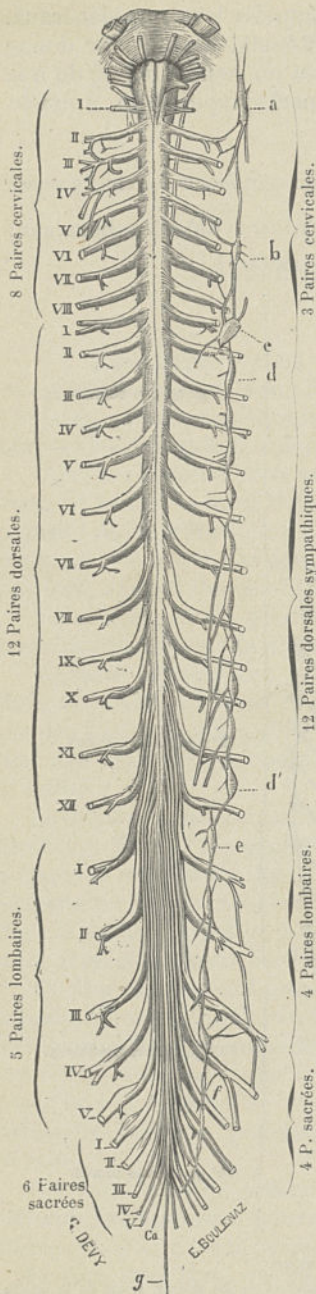


Fig. 115. — Face antérieure de la moelle et, nerf sympathique gauche dans sa position normale (L. Testur, *Anatomie humaine*).

Les chiffres romains indiquent numériquement les paires rachidiennes. — A droite, est représenté le nerf du sympathique. — *a*, *b*, *c*, ganglions cervicaux du sympathique. — *d*, à *d'*, ganglions thoraciques. — *e*, premier ganglion lombaire. — *f*, premier ganglion sacré.

(fig. 114, 115) : ils envoient au cœur des filets nerveux qui s'y anastomosent avec ceux qui viennent des pneumogastriques (10^e paire crânienne) et forme avec eux le *plexus cardiaque*.

Les ramifications de ce plexus pénètrent dans les parois du cœur et s'y mettent en relation avec trois petits ganglions intra-cardiaques (fig. 117) : le premier (ganglion de Bidder) est situé dans la cloison qui sépare l'oreillette gauche du ventricule gauche; le second (ganglion de Ludwig) est placé dans la cloison qui sépare les deux oreillettes, et le troisième (ganglion de Remak) se trouve dans la paroi de l'oreillette droite, au voisinage de l'orifice de la veine cave inférieure.

3^o Douze paires de ganglions dorsaux ou thoraciques qui correspondent aux douze vertèbres de la même région. Les filets qui se détachent des ganglions de la région moyenne (de la 6^e à la 10^e paire) se réunissent ensemble de chaque côté pour former le *grand nerf splanchnique* qui va traverser le diaphragme et se terminer dans un gros ganglion arqué, le *ganglion semi-lunaire*, placé sur l'estomac (cerveau abdominal des anciens).

Tout au voisinage des deux ganglions semi-lunaires se trouvent de nombreux petits ganglions qui forment une masse étoilée, le *plexus solaire*, dont les ramifications se rendent aux différents viscères du voisinage, aorte, estomac, intestin, foie, rate et reins.

4^o Quatre paires de ganglions lombaires situés au niveau des reins; leurs filets s'enchevêtrent et forment le *plexus mésentérique* qui innerve les gros vaisseaux de la région et le gros intestin.

5^o Enfin, quatre paires de ganglions sacrés ou pelviens, qui forment le *plexus hypogastrique* destiné à la vessie.

§ 2. — Relations du système sympathique avec l'encéphale et la moelle. — Les nerfs du sympathique conduisent, avons-nous dit, des *mouvements réflexes* commandés par la moelle ou le bulbe. Aussi ces nerfs ne forment-ils pas un système indépendant du cerveau, comme le croyaient les anciens physiologistes; ils sont en relation étroite avec le système cérébro-spinal.

En premier lieu, le sympathique est relié au cerveau par l'intermédiaire de ses trois paires de ganglions intra-crâniens qui sont situés sur le trajet des branches du trijumeau, et qui sont eux-mêmes en communication avec les ganglions sympathiques du cou (fig. 109).

En second lieu, chacun des 23 ganglions qui s'étendent de chaque côté de la colonne

vertébrale possède un filet nerveux qui va s'accoler au nerf rachidien voisin à l'endroit où celui-ci sort du trou de conjugaison des vertèbres, et par conséquent à une très faible distance du point de jonction de sa racine sensitive et de sa racine motrice (fig. 115).

§ 3. **Structure des ganglions et des nerfs.** — Un ganglion est constitué uniquement par des cellules multipolaires dont les prolongements protoplasmiques ramifiés restent dans le ganglion, tandis que les cylindraxes s'en échappent et prennent quatre directions différentes (fig. 116) : les premiers se continuent avec la racine antérieure du nerf rachidien, les seconds avec la racine postérieure du même nerf ; ceux de la 3^e catégorie se rendent dans les ganglions voisins et constituent le cordon nerveux qui relie tous les ganglions d'une même chaîne ; et enfin les derniers se dirigent vers les viscères, foie, estomac, etc., en formant les nerfs sympathiques.

Rappelons que les cylindraxes du sympathique ne sont protégés que par une assise de cellules extrêmement aplaties, sans myéline, et qu'on les appelle couramment les *fibres sans myéline* ou *fibres de Remack*.

Un nerf sympathique est donc formé par une agglomération de fibres de Remack, avec cette particularité toutefois *qu'au centre de chaque nerf il y a toujours une fibre à myéline*. L'absence de la myéline leur donne une teinte grise, tandis que tous les autres sont d'un blanc brillant.

§ 4. **Fonctions du sympathique.** — Tous les filets du sympathique appartiennent à la catégorie des *nerfs mixtes*, c'est-à-dire que chacun d'eux renferme à la fois des fibres *motrices*, des fibres *sensitives* et même des fibres *sécrétoires* qui paraissent agir directement sur l'activité des cellules sécrétrices des glandes. L'excitation directe de ces filets ou des ganglions détermine à la fois des mouvements et des sensations douloureuses.

Toutefois le fonctionnement de ces nerfs sympathiques présente quelques particularités intéressantes et essentiellement caractéristiques :

1^o Les *sensations* produites à la périphérie des organes innervés par le sympathique ne sont pas aussi nettes ni aussi bien localisées que celles qui sont transmises par les nerfs crâniens ou rachidiens ; c'est ainsi que les aliments ne produisent que de très faibles impressions sur les parois de l'intestin ou de l'estomac pendant la digestion, et le plus souvent nous n'avons même nullement conscience de leur présence dans notre tube digestif. De même, lorsque nous éprouvons des douleurs intestinales, nous sommes dans l'impossibilité de déterminer le siège précis de la sensation comme nous le faisons, par exemple, lorsque nous nous piquons un doigt.

Le sympathique ne conduit donc au cerveau que des sensations générales mal définies, ce qui le fait qualifier quelquefois pour cette raison de *nerf vague*.

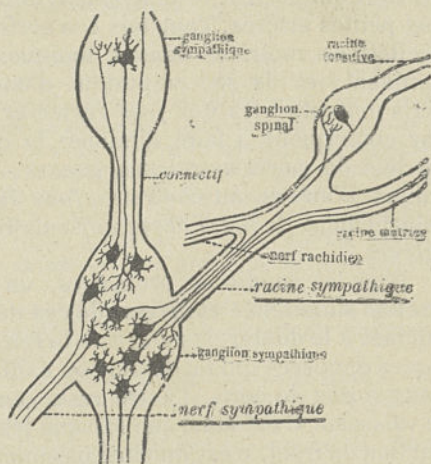


Fig. 116. — Structure d'un ganglion sympathique et ses relations avec la moelle.

Les nerfs pneumogastriques (10^e paire crânienne) qui innervent aussi le cœur, les poumons et l'estomac, de concert avec les filets du sympathique, se comportent absolument de la même manière que ces derniers en ce qui concerne la conduction des sensations périphériques et sont aussi appelés des *nerfs vagues*.

2^o Les parois musculaires dans lesquelles se ramifient les fibres motrices sympathiques sont toujours formées de fibres lisses (excepté le cœur), et les excitations qu'elles reçoivent ne déterminent jamais que des *contractions lentes et involontaires* telles que celles de l'estomac, de l'intestin, etc.

Les excitations sensibles produites sur ces organes par le contact des aliments suivent les filets sympathiques pour arriver à des masses grises de la moelle ou du bulbe qui les transforment à leur tour en *excitations motrices*.

On peut encore provoquer ces mouvements par une excitation directe portée sur les nerfs ou sur les ganglions, car ceux-ci sont sensibles aux mêmes excitants artificiels que les nerfs rachidiens ; en touchant par exemple le *plexus solaire* avec un fragment de potasse, on détermine des mouvements péristaltiques de l'intestin.

§ 5. *Nerfs vaso-moteurs*. — On désigne sous ce nom particulier les filets nerveux qui portent le mouvement aux vaisseaux sanguins et principalement aux petites artères. Toutefois ces nerfs ne se contentent pas de conduire des excitations motrices dans la tunique musculaire des vaisseaux où ils se ramifient, et ils se comportent d'une manière très différente des autres nerfs moteurs : les uns *font resserrer les parois des vaisseaux* et tendent par conséquent à faire diminuer la quantité de sang qui y passe ; on les qualifie de *nerfs vaso-constricteurs* ; la plupart appartiennent au sympathique. D'autres, au contraire, *font dilater les vaisseaux* en provoquant le relâchement de leurs fibres musculaires ; on les qualifie de *nerfs vaso-dilatateurs*.

Dans les conditions ordinaires, un petit vaisseau est toujours soumis à l'action simultanée et inverse de ces deux sortes de fibres motrices, les unes tendant à le dilater, les autres à le rétrécir, et c'est la résultante de ces deux forces opposées qui lui donne son calibre normal. Si l'on supprime l'une des deux sortes de nerfs, l'autre reste seule à exercer son action spéciale sur le vaisseau. C'est ainsi que lorsque les oreilles ou les doigts rougissent sous l'action du froid, c'est que l'abaissement de température a paralysé les vaso-constricteurs ; les vaso-dilatateurs se trouvant alors seuls à exercer leur action, font dilater légèrement les vaisseaux et l'accumulation du sang rend l'organe plus rouge, en même temps qu'il y détermine une élévation de température. C'est pour la même raison que les mains deviennent brûlantes lorsqu'on a fait des boules de neige.

Les filets sympathiques qui se rendent aux vaisseaux des poumons sont des constricteurs ; si on les coupe, les dilatateurs qui restent seuls déterminent une plus grande accumulation de sang ; les poumons se congestionnent.

Ce sont encore ces nerfs vaso-moteurs qui tiennent sous leur dépendance les vaisseaux des glandes, et selon qu'ils y laissent arriver plus ou moins de sang, la sécrétion est plus ou moins abondante.

En résumé, les nerfs vaso-moteurs règlent la marche du sang dans tous

les petits vaisseaux et leur action retentit nécessairement sur la circulation générale de l'organisme ; car selon qu'ils dilatent ou rétrécissent le calibre des artérioles, ils activent ou ralentissent le cours du sang et par suite augmentent ou diminuent les battements du cœur. Ils ont même une action indirecte sur la nutrition, car l'organe qui reçoit une plus grande quantité de sang — et par conséquent une plus grande quantité de matériaux nutritifs — est naturellement le siège d'une plus grande vitalité et d'une production plus abondante de chaleur.

Nerfs vaso-constricteurs. — On démontre l'existence des vaso-constricteurs par l'expérience de Claude Bernard sur l'oreille du lapin (1838). On coupe l'un des nerfs sympathiques dans le cou, au-dessus du ganglion cervical inférieur, de façon à isoler les filets sympathiques qui se rendent dans l'oreille du côté opéré. Aussitôt les vaisseaux de cette oreille se dilatent, la rendent très rouge et font augmenter sa température de 10 à 12°. On en conclut qu'en sectionnant les nerfs sympathiques on a privé l'oreille de ses constricteurs et qu'elle ne reçoit plus que des dilatateurs qui y ont déterminé une accumulation de sang ; en d'autres termes les filets sympathiques de l'oreille sont des constricteurs.

D'ailleurs, si une fois que ceux-ci sont coupés, on excite en le piquant ou en le pinçant le bout périphérique, c'est-à-dire le bout qui s'en va à l'oreille, on fait rétrécir les vaisseaux, la rougeur disparaît et la température redevient normale.

L'adrénaline, substance tirée des capsules surrénales, possède une action constrictrice extrêmement intense, à tel point que la région de la peau qui en a reçu une injection au 5/1000^e se durcit, perd sa sensibilité et sa circulation sanguine, et peut être coupée sans douleur.

Nerfs vaso-dilatateurs. — Pour démontrer expérimentalement l'existence des vaso-dilatateurs, on s'adresse à la corde du tympan, branche du nerf facial qui envoie des ramifications aux glandes salivaires sous-maxillaires (fig. 109). Si on sectionne ce nerf et qu'on excite son bout périphérique, la glande se gonfle par suite de la dilatation de ses vaisseaux, le sang y arrive en grande quantité et la salive y est sécrétée avec abondance ; la circulation est même tellement active, que le sang qui sort par la veine n'est pas foncé comme d'habitude, mais est aussi rouge que celui qui entre dans la glande.

Si dans une seconde expérience on coupe la corde du tympan, la glande diminue de volume, ses vaisseaux se contractent, elle reçoit moins de sang et sécrète moins de salive : c'est donc que dans ces conditions la glande n'est plus soumise qu'à des nerfs constricteurs.

Ces deux expériences font conclure que les filets envoyés par la corde du tympan à la glande sous-maxillaire sont des vaso-dilatateurs. — Les vaso-constricteurs antagonistes des précédents appartiennent au sympathique.

Remarques : 1° Le sympathique fournit le plus souvent des vaso-constricteurs ; mais cette règle n'est pas absolue et il a été établi que les filets qu'il envoie dans la région du cou renferment à la fois des fibres constrictrices et des fibres dilatatrices.

2° Le mode de fonctionnement des vaso-dilatateurs demande une explication : il serait absolument contraire aux propriétés physiologiques des muscles de supposer que ceux-ci peuvent, dans certaines conditions, se dilater sous l'action des excitations motrices ; celles-ci ne déterminent jamais que des contractions et non des dilatations. On pense donc que les vaso-constricteurs agissent à la façon de tous les nerfs moteurs en produisant des contractions dans les parois musculaires des vaisseaux ; et les dilatateurs, au lieu d'agir directement sur ces parois contractiles, exerceraient leur action spéciale sur les filets constricteurs eux-mêmes qu'ils paralyseraient et qu'ils empêcheraient ainsi de faire contracter la tunique musculaire.

§ 6. *Filets nerveux sécréteurs.* — Les nerfs vaso-moteurs agissent naturellement sur les sécrétions comme nous venons de le dire, en réglant la quantité de sang qui arrive dans les glandes. Mais celles-ci reçoivent en outre des filets nerveux qui se terminent en pointe entre les cellules glandulaires et agissent directement sur le protoplasme de ces cellules pour déterminer leur sécrétion en dehors de toute action sanguine : ce sont des fibres sécrétoires. C'est ainsi que la corde du tympan renferme à la fois des fibres vaso-dilatatrices et des fibres sécrétoires. Si on l'excite après avoir ligaturé les vaisseaux, la sécrétion des glandes sous-maxillaires n'est pas supprimée, mais seulement ralentie.

Inversement, l'injection de quelques milligrammes d'atropine *paralyse les filets sécréteurs* et respecte les vaso-dilatateurs ; si on excite la corde dans ces conditions, la glande sous-maxillaire rougit, mais on ne provoque pas la salivation.

Les filets sympathiques qui se rendent à cette même glande paraissent aussi renfermer des fibres sécrétoires, car leur excitation, tout en amenant une vaso-contriction intense, n'empêche pas la production de trois ou quatre gouttes de salive.

§ 7. **Nerfs modérateurs et nerfs accélérateurs.** — Certains nerfs moteurs appartenant soit au système cranien, soit au système sympathique, ne font pas que porter simplement des excitations motrices aux organes qu'ils

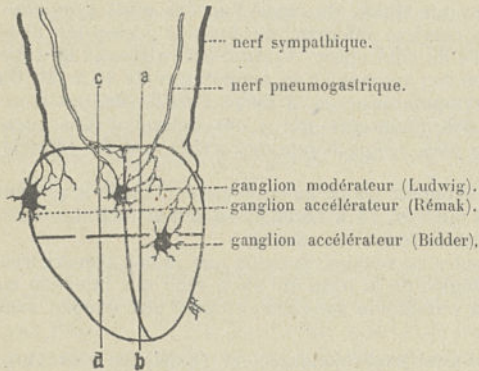


Fig. 117. — Innervation du cœur.

innervent ; certains ont en outre la propriété remarquable d'accélérer les mouvements de ces organes et sont qualifiés pour cela de *nerfs moteurs accélérateurs* ; d'autres, au contraire, les modèrent et sont appelés *nerfs modérateurs* ou *nerfs d'arrêt*.

Pour bien fixer les idées au sujet du rôle spécial de ces nerfs, prenons l'exemple le plus remarquable qui existe, celui de l'innervation du cœur (fig. 117). Cet organe reçoit d'une part des filets envoyés par les *pneumogastriques* de la 10^e paire cran-

nienne qui sont des *modérateurs*, et d'autre part des filets qui viennent des ganglions cervicaux du sympathique et jouent le rôle d'*accélérateurs*.

Si on excite les deux pneumogastriques ou l'un des deux seulement, en les piquant ou les pinçant, on exagère leur fonction modératrice et les battements du cœur se ralentissent. Si l'excitation est trop intense, ces battements se ralentissent à tel point que le cœur n'a pour ainsi dire plus la force de se contracter et il s'arrête à l'état de dilatation ou de *diastole*. Il est vrai que l'arrêt n'est que momentané et que les contractions ne tardent pas à reprendre leur rythme normal. La substance toxique des champignons ou *muscarine* provoque également l'arrêt du cœur.

En second lieu, si on répète les mêmes expériences sur les filets du sympathique en les piquant ou en les pinçant, on exagère de même leur fonction *accélératrice* : si l'excitation portée sur ces nerfs est modérée, les contractions du cœur sont simplement deux ou trois fois plus nombreuses ; mais si l'excitation est très forte, les battements du cœur sont accélérés à tel point qu'il reste pour ainsi dire à l'état permanent de contraction, *c'est-à-dire qu'il est tétanisé* ; il s'arrête subitement à l'état de contraction ou de *systole* et reste ainsi tant que les excitations continuent.

Le cœur est donc soumis normalement à deux actions opposées, l'une modératrice et l'autre accélératrice, et c'est leur résultante qui donne à cet organe ses battements réguliers.

Si l'on supprime l'une des deux sortes de nerfs en la sectionnant, par exemple les *pneumogastriques modérateurs*, le cœur n'est plus soumis qu'à

l'action accélératrice des *sympathiques accélérateurs* et le nombre de ses battements devient presque double ; ce n'est qu'au bout de trois ou quatre jours qu'ils reprennent leur rythme normal. C'est l'inverse qui se produit quand on sectionne les sympathiques. Ajoutons que l'action modératrice exercée sur le cœur est due en réalité au *nerf spinal* (11^e paire) dont une branche importante s'associe au pneumogastrique.

Le cœur renferme dans ses parois trois ganglions nerveux qui sont des centres d'actes réflexes particulièrement intenses chez la grenouille ; quand le cœur est extrait du corps chez cet animal, il continue à battre encore plusieurs heures sous l'action spéciale de ces ganglions ; le point de départ de ces réflexes est l'excitation que produit le sang sur les fibres nerveuses sensitives du cœur, et on peut les entretenir très longtemps en faisant passer un petit courant de sang ou d'eau salée dans le cœur, après qu'il a été enlevé du corps.

Les battements s'arrêtent immédiatement au contraire chez les Oiseaux ou les Mammifères dès que le cœur est extrait du corps ; toutefois on parvient maintenant à réveiller les pulsations d'un cœur de chien ou de lapin mort depuis plusieurs heures en y faisant circuler un courant de sérum artificiel (eau salée à 5 ou 6 p. 1000).

En outre, de nombreuses expériences viennent d'établir que le cœur est parfaitement capable de se contracter *sans aucune intervention nerveuse*, en vertu des propriétés spéciales inhérentes à ses fibres ; c'est ainsi que la pointe d'un cœur de grenouille ou de mouton, bien que dépourvue de ganglion nerveux, se met à battre une fois qu'elle est séparée du reste du cœur et qu'on l'injecte de sérum artificiel, preuve que l'excitation apportée par l'eau salée sur les fibres cardiaques suffit pour déterminer les contractions de ces dernières. Ces nouvelles propriétés constituent la *théorie myogène* opposée à la *théorie nerveuse* des contractions musculaires.

Explication du rôle des modérateurs. — La façon particulière dont se comportent les *nerfs d'arrêt* ou *nerfs modérateurs* demande une explication, tout comme celle des vaso-dilatateurs dont il a été question précédemment : le fait que le cœur s'arrête quand on excite le pneumogastrique, par exemple, paraît être en contradiction absolue avec cet autre résultat expérimental qui veut que l'excitation d'un nerf moteur amène des contractions dans les muscles où il se rend. On explique le phénomène en disant que les nerfs accélérateurs seuls conduisent des excitations motrices aux parois musculaires des organes, et que les nerfs d'arrêt portent leur action, non sur les fibres musculaires elles-mêmes, *mais bien sur les nerfs accélérateurs qu'ils paralyseraient* plus ou moins complètement, ce qui amène un ralentissement plus ou moins accentué des mouvements de l'organe.

D'après cela, les nerfs modérateurs et les nerfs vaso-dilatateurs pourraient être versés dans la même catégorie, celle des *nerfs d'arrêt*, puisque les uns et les autres suppriment l'activité d'autres nerfs ; il n'y aurait qu'une différence à établir : c'est que les modérateurs paralysent les nerfs moteurs des muscles de certains organes (cœur, intestin), tandis que les vaso-dilatateurs paralysent les filets moteurs des muscles des vaisseaux sanguins.

Les filets du sympathique n'agissent pas tous comme accélérateurs ; ceux qui se rendent dans les parois de l'intestin (nerfs splanchniques) jouent le rôle de *modérateurs*, tandis qu'inversement, les filets du pneumogastrique innervant ces mêmes parois agissent comme des accélérateurs.

Rôle des ganglions intracardiaques. — Les trois ganglions situés dans les parois du cœur n'ont pas tous la même fonction. Le ganglion de Ludwig, placé dans la cloison qui sépare les deux oreillettes, est un *modérateur*, tandis que les deux autres, ceux de Rémak et de Bidder, sont des *accélérateurs*. Si l'on coupe un cœur de grenouille en deux parties inégales suivant *cd* (fig. 117), telles que l'une renferme seulement le ganglion de Rémak situé à l'embouchure de la veine cave inférieure, tandis que l'autre renferme le

ganglion de Ludwig et le ganglion de Bidder, on constate que la première moitié continue ses contractions et que l'autre reste immobile.

Si on fait la section suivant *ab* de telle sorte que l'une des moitiés renferme seulement le ganglion de Bidder, celle-ci continue à battre, tandis que l'autre reste immobile.

Conclusions : 1° les ganglions de Bidder et de Rëmak sont des *accélérateurs* parce que, *isolés*, ils sont capables d'entretenir les battements du cœur; — 2° le ganglion de Ludwig est un *modérateur*, puisque lorsqu'il est associé à l'un ou à l'autre des précédents, il l'annule.

CHAPITRE V

L'ENCÉPHALE CHEZ LES VERTÉBRÉS

Tous les Vertébrés possèdent un système nerveux organisé dans son ensemble comme celui de l'homme. Chez tous il se développe pendant la vie embryonnaire cinq cerveaux successifs placés à la suite les uns des autres et identiques à ceux de l'embryon humain. Seulement, dans la suite, ces différents cerveaux acquièrent un volume très variable chez les différentes classes de Vertébrés.

La flexion cranienne n'existe pas chez les deux classes les plus inférieures, les Poissons et les Batraciens, ou plutôt elle commence à se dessiner pour s'effacer presque aussitôt, ce qui fait que chez ces deux classes les cinq cerveaux ne font que grossir plus ou moins tout en restant en droite ligne, placés les uns derrière les autres, sans se recouvrir.

Nous allons examiner rapidement les variations de ces cinq cerveaux dans chacune des classes des Vertébrés. Elles sont représentées comparativement par la série des figures 118.

I. Cerveau antérieur ou cerveau proprement dit. — Il est toujours divisé en deux hémisphères (excepté chez les Sélaciens, raie, squalo...) par un sillon antéro-postérieur plus ou moins profond. Son volume croît régulièrement depuis les Poissons jusqu'aux Mammifères.

La flexion cranienne, nulle chez les Poissons et les Batraciens, devient visible chez les Reptiles et les Oiseaux, mais elle s'accroît beaucoup plus chez les Mammifères et atteint son maximum chez l'homme, où elle est voisine de 90°.

Pendant que s'opère cette flexion, le cerveau antérieur se développe plus ou moins en arrière : la figure schématique 118 montre ses variations :

Chez les *Batraciens* et les *Reptiles* il s'étend en arrière jusqu'à la glande piénaie : — chez les *Oiseaux*, il s'étend jusque sur les lobes optiques qu'il cache partiellement ; — chez les *Mammifères*, il gagne encore plus loin en arrière, jusqu'au voisinage du cervelet, en recouvrant les lobes optiques ; enfin, chez l'homme, il atteint son volume maximum et recouvre complètement le cervelet en arrière.

Le cerveau présente également, quant à sa structure, une différenciation plus grande chez les Vertébrés supérieurs ; c'est ainsi que celui des Poissons ne possède pas de substance corticale à sa périphérie ; ses éléments cellulaires ne répartissent pas leur substance blanche et leur substance grise en deux régions distinctes comme chez les Vertébrés supérieurs.

Le *corps calleux* est une formation spéciale aux Mammifères. Chez les autres Vertébrés les hémisphères sont réunis l'un à l'autre par de la substance nerveuse qui ne se distingue pas du reste du cerveau.

Les *circonvolutions cérébrales* ne se rencontrent également que chez les Mammifères, mais plusieurs ordres en sont dépourvus : les *Monotrèmes*, les *Marsupiaux*, les *Rongeurs* et les *Insectivores*.

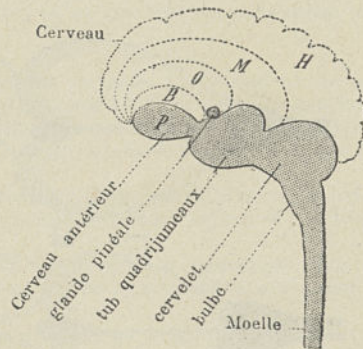


Fig. 118. — Volume relatif des différentes régions de l'encéphale.

P, poissons. — B, batraciens et reptiles. — O, oiseaux. — M, mammifères. — H, homme.

Les autres en possèdent un nombre variable, sans rapport d'ailleurs avec le degré de développement des facultés intellectuelles : les grands singes ont un cerveau à peu près semblable à celui de l'homme, mais celui des petits singes d'Amérique est absolument

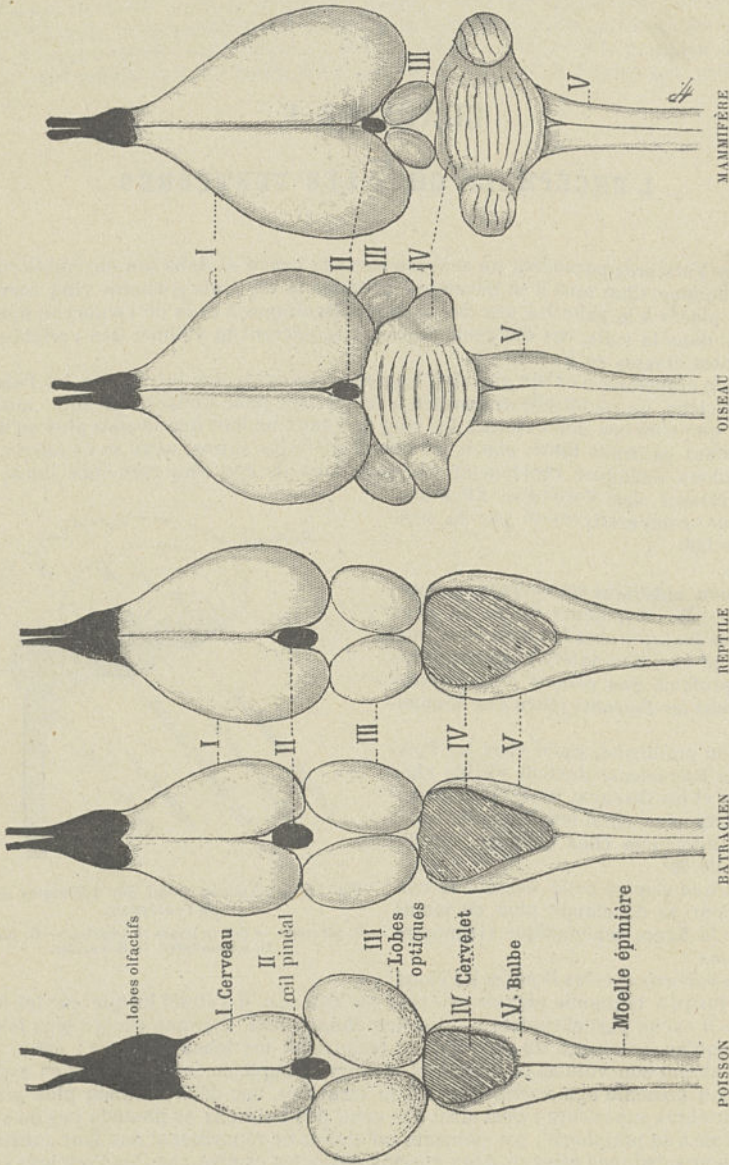


Fig. 119. — L'encéphale chez les différentes classes de Vertébrés.

lisse ; la marmotte a une circonvolution ; le bœuf trois, et le renard quatre. Le mouton, qui est regardé comme un animal stupide, a plus de circonvolutions que le chien.

Le cerveau possède à sa partie antérieure deux renflements appelés les lobes olfactifs, desquels partent les deux nerfs olfactifs qui se rendent à la muqueuse du nez. Ces lobes sont surtout développés chez les Poissons, bien que les narines de ces animaux soient deux simples petits culs-de-sac ; ils diminuent progressivement jusque chez les Mammifères :

chez nous, ce ne sont plus que deux cordons renflés en massue situés au-dessus des deux lames criblées (fig. 119 et 2, fig. 137).

II. Second cerveau : couches optiques et épiphyse. — Les *couches optiques* avec leurs quatre centres gris ne sont bien différenciées que chez les Mammifères, les seuls d'ailleurs chez lesquels le rôle de ces organes ait été étudié expérimentalement.

L'*hypophyse* est partout un organe rudimentaire qui se développe comme chez l'homme, par un diverticule du pharynx qui va s'accoler à la face inférieure du cerveau. Il n'existe aucun Vertébré chez lequel l'hypophyse présente un plus grand développement et nous fournissons des renseignements plus précis sur sa véritable nature. On le regarde comme un organe qui a pu être beaucoup plus important chez les formes ancestrales et qui maintenant est en voie d'atrophie.

L'*épiphyse* existe également avec un développement fort variable chez tous les Vertébrés. C'est chez certaines espèces de lézards (le *lézard ocellé* et l'*Hatteria*) qu'il présente son maximum de complication et qu'il fonctionne comme un œil complet, situé au milieu du front. On se reportera antérieurement à l'histoire de l'encéphale de l'homme (p. 107) pour voir la structure de cet organe et ses variations. Ajoutons seulement que les Reptiles du Jurassique avaient un orifice au milieu du front comme le *lézard ocellé* actuel et l'*Hatteria*, ce qui indique qu'ils possédaient aussi très vraisemblablement un œil frontal.

III. Troisième cerveau : lobes optiques. — Ces masses nerveuses sont ainsi appelées parce qu'elles engendrent, au moins partiellement, les nerfs optiques. Leur volume atteint son maximum chez les Poissons et il va en diminuant progressivement jusque chez les Mammifères. Il est vrai que chez ces derniers, les lobes optiques sont constitués par quatre masses nerveuses disposées symétriquement comme chez l'homme, ce qui leur vaut encore le nom de *tubercules quadrijumeaux*; chez les quatre autres classes de Vertébrés, ils sont formés seulement de deux masses nerveuses et ne méritent par conséquent pas le qualificatif de *quadrijumeaux*.

IV. Quatrième cerveau : cervelet. — Le cervelet présente des variations de même ordre que le cerveau : il est relativement très réduit chez les Poissons et grossit de plus en plus pour atteindre son maximum chez les Mammifères et en particulier chez l'homme. Ces variations sont de sens inverse de celles des lobes optiques et de même sens que celles des hémisphères cérébraux.

Chez les trois classes les plus inférieures, Poissons, Batraciens et Reptiles, le cervelet n'est constitué que par une lame nerveuse triangulaire, effilée en arrière et couchée sur le bulbe.

Chez les Oiseaux, il est plus différencié et plus volumineux; il a quelques circonvolutions et possède de chaque côté un petit renflement qui est un rudiment d'*hémisphère cérébelleux*. Le pont de Varole n'existe pas.

Enfin, chez les Mammifères le cervelet atteint son maximum de développement avec ses circonvolutions et ses deux hémisphères cérébelleux bien caractérisés. Le pont de Varole et les hémisphères cérébelleux, qui manquent chez tous les autres Vertébrés, existent toujours chez les Mammifères, dont ils sont des formations caractéristiques. Nous noterons toutefois l'exception que présentent encore les Marsupiaux et les Monotrèmes qui ont un cervelet plutôt semblable à celui des Oiseaux.

V. Cinquième cerveau : bulbe. — Il ne présente aucune particularité spéciale; chez tous les Vertébrés il consiste, comme chez l'homme, en un cordon court d'où se détache un certain nombre de paires de nerfs (huit paires chez l'homme). La disposition des nerfs est également identique chez tous les Vertébrés: ils se détachent toujours du cerveau, du bulbe et de la moelle épinière par paires symétriques.

LIVRE III

ORGANES DES SENS

Organisation générale. — Il existe à la périphérie du corps des neurones particuliers qui sont excitable par certains agents tels que la lumière, les ondes sonores, la chaleur, etc. ; leurs excitations sont ensuite transmises par des nerfs aux cellules sensibles de l'écorce cérébrale qui les perçoivent et les transforment en sensations. Ces neurones constituent la partie fonda-

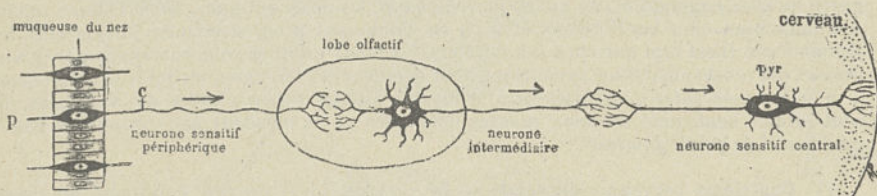


Fig. 120. — Disposition générale d'un organe des sens (Olfaction).

p., prolongement protoplasmique et *c.*, cylindraxe du neurone périphérique. — *pyr.*, petite cellule pyramidale.

mentale des *organes des sens* ; ils sont toujours situés *en dehors du cerveau et de la moelle épinière*, et leurs deux sortes de prolongements ont un rôle différent.

Prenons comme exemple la muqueuse du nez, qui est sensible aux odeurs. Sa surface est constituée par un épithélium cylindrique (fig. 120) dans lequel sont intercalées des cellules nerveuses bipolaires ; leurs *prolongements protoplasmiques p* très courts et légèrement saillants à la surface de la muqueuse, *reçoivent directement les excitations* produites par les courants d'air qui passent dans les fosses nasales ; leurs cylindraxes *c* se dirigent au contraire vers l'intérieur pour transmettre les excitations d'abord à des *neurones intermédiaires* dont l'ensemble forme le nerf olfactif, puis aux petites cellules pyramidales *pyr* qui transforment ces excitations en sensations.

Tout organe des sens comprend ainsi deux sortes de neurones : des *neurones périphériques* dont les prolongements protoplasmiques sont directement excités par les agents externes, et des *neurones sensitifs centraux*, situés dans le cerveau, auxquels parviennent les excitations reçues par les premiers et qui les transforment en sensations. La communication entre ces deux sortes de neurones est établie par un nombre variable de neurones intermédiaires qui forment un nerf allant de l'organe sensoriel au cerveau.

En règle absolue, toute cellule nerveuse reçoit son excitation par ses prolongements protoplasmiques qui sont *cellulipètes*, et la transmet par son cylindraxe, qui est *cellulifuge*, aux ramifications protoplasmiques de la cel-

lule voisine. L'excitation se transmet ainsi de proche en proche jusqu'au cerveau.

Les neurones sensitifs ne sont pas tous excitables par les mêmes agents; ils se divisent en cinq groupes d'après les excitants auxquels ils sont sensibles; autrement dit, les organes des sens sont au nombre de cinq:

1° Les prolongements protoplasmiques de certains neurones *se répandent dans la peau* et jouissent de la propriété particulière d'être excitables par le choc, la pression et la température; ils nous font percevoir, dans une certaine mesure, la forme, les dimensions et la température des corps par leur simple contact. La peau est par suite le siège du *toucher* ou de la *sensibilité tactile*;

2° D'autres prolongements protoplasmiques situés à la surface de la langue, sont caractérisés par leur propriété d'être excitables *par les corps à l'état liquide* et nous font percevoir leur saveur. La langue se trouve être par suite l'organe du *goût* ou de la *sensibilité gustative*;

3° D'autres neurones périphériques envoient leurs prolongements protoplasmiques à la surface de la muqueuse qui tapisse les fosses nasales; et ces prolongements sont excitables uniquement *par les corps à l'état gazeux* dont ils nous font ainsi percevoir l'*odeur*. La muqueuse du nez est donc l'*organe de l'olfaction* (fig. 120);

4° Dans l'oreille il existe des buissons de terminaisons nerveuses qui sont sensibles uniquement au mouvement vibratoire des ondes sonores; ce sont ces buissons nerveux qui constituent la partie fondamentale de l'*organe de l'audition*;

5° Enfin, d'autres prolongements nerveux situés dans les yeux sont particulièrement sensibles aux ondes lumineuses et se trouvent être la partie fondamentale des *organes de la vision*.

CHAPITRE PREMIER

SENSIBILITÉ TACTILE. — LA PEAU

La peau joue un rôle assez complexe : elle forme un *revêtement protecteur* à la surface du corps, elle renferme les *terminaisons nerveuses* qui président à la sensibilité tactile et enfin elle est le siège d'une *production plus ou moins abondante de sueur*, liquide de déchet de l'organisme qui, en s'évaporant à la surface du corps, le rafraîchit et s'oppose à l'élévation de sa température. C'est à ce triple point de vue qu'elle doit être étudiée.

§ 1. Structure de la peau. — Son rôle protecteur. — L'étude du développement de l'embryon nous a montré que la peau est formée de deux parties

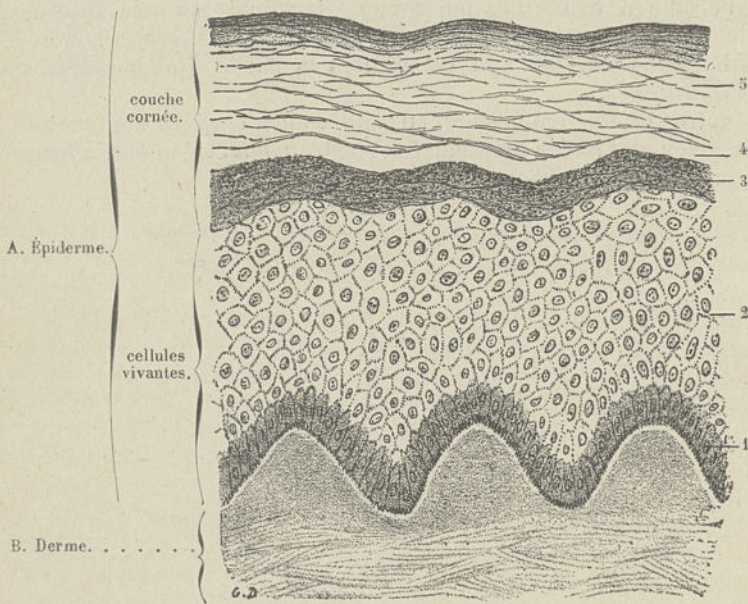


Fig. 121. — (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A, épithélium stratifié de la peau. — 1, assise de cellules cylindriques. — 2, cellules polygonales. — 3, couche granuleuse à cellules renfermant de l'éléidine. — 4 et 5, cellules extrêmement aplaties et mortes (couche cornée). — B, derme.

bien distinctes ; un épithélium stratifié ou *épiderme* doublé intérieurement par une certaine épaisseur de tissu conjonctif ou *derme*. Son épaisseur, variable avec les régions, est de 1 millimètre en moyenne.

1° L'épiderme comprend deux régions : une partie profonde formée de

cellules vivantes et appelée la *couche muqueuse* ou couche de Malpighi; puis une partie superficielle ou *couche cornée* formée de cellules mortes.

La *couche muqueuse* débute par une assise de cellules cylindriques serrées les unes contre les autres et suivant exactement toutes les sinuosités du derme. Elles sont constamment en voie de division, et les nouvelles cellules formées repoussent régulièrement les plus anciennes vers la périphérie du corps.

Toutes ces cellules sont polygonales au moment où elles prennent naissance; mais à mesure qu'elles sont repoussées au dehors par les plus jeunes, elles deviennent ovoïdes, puis s'aplatissent de plus en plus et finissent par

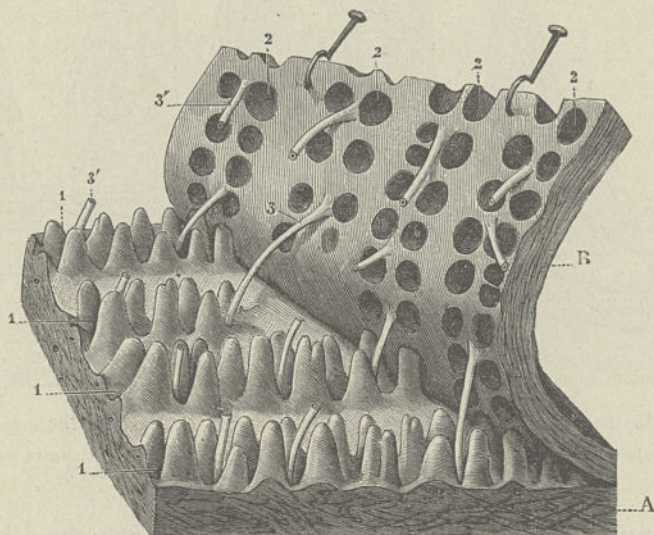


Fig. 122. — Papilles dermiques séparées de l'épiderme après macération
(L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

1, 1, 1, papilles dermiques. — 2, 2, dépressions de la face profonde de l'épiderme où sont reçues les papilles dermiques. — 3, 3, canaux excréteurs des glandes sudoripares, dont quelques-uns ont été rompus par le soulèvement de l'épiderme.

A, derme. — B, épiderme.

être transformées en une substance albuminoïde spéciale plus dure et moins perméable, appelée la *kératine*. Ces cellules kératinisées sont mortes, bien qu'elles renferment encore un reste de noyau et un peu de graisse. Arrivées à la surface, elles se détachent et tombent sous la forme de pellicules (4, 5, fig. 121).

L'ensemble de ces cellules mortes forme la *couche cornée* dont l'épaisseur maxima (1^{mm}, 5 à 2 millimètres) s'observe là où le frottement s'exerce d'une façon plus intense (plante du pied, paume de la main, durillons provoqués par des chaussures trop étroites, etc.).

L'épiderme est ainsi en voie de destruction continue par sa surface et de régénération continue dans sa région profonde.

La coloration de la peau est due à une multitude de granulations microscopique enfermées dans les cellules de la couche de Malpighi, particulièrement

dans l'assise cylindrique de la profondeur; ces grains de pigment sont très abondants et très foncés chez les nègres.

Entre la couche de Malpighi et la couche cornée s'en trouve une autre très mince, dite *couche granuleuse* (3, fig. 121), composée de deux ou trois assises de cellules aplaties, avec un noyau atrophié et des gouttelettes d'une substance albuminoïde spéciale, appelée *l'éléidine*, qui proviendrait soit du noyau, soit du protoplasme. Cette substance n'existe plus dans la couche cornée, où on ne trouve que de la graisse.

Enfin, l'épiderme est dépourvu de vaisseaux sanguins; il se nourrit par

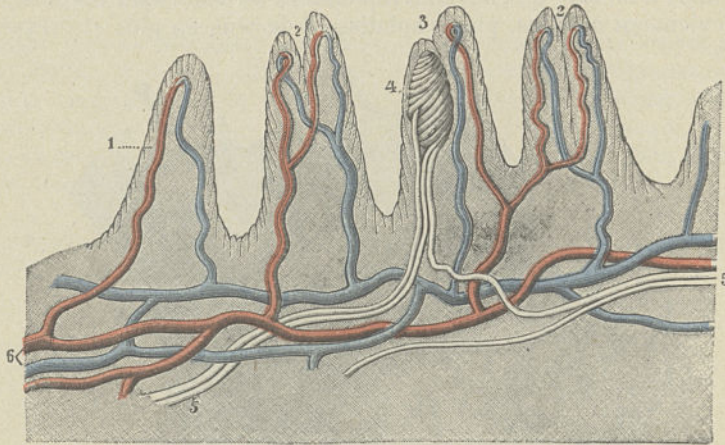


Fig. 123. — Papilles dermiques débarrassées de l'épiderme. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

Certaines ne renferment que des vaisseaux sanguins (1, 2). — D'autres renferment en outre des corpuscules tactiles 4, qui se continuent inférieurement par des filets nerveux (5).

imbibition aux dépens du sang qui circule dans le derme; mais il renferme dans sa partie profonde des filets nerveux qui lui donnent sa sensibilité et que nous décrirons plus loin.

2° Le *derme* présente à sa surface de nombreuses aspérités ou *papilles* sur lesquelles l'épiderme se moule exactement en remplissant tous les espaces interpapillaires (fig. 122 et 123); mais celui-ci est assez transparent pour les laisser voir d'une manière particulièrement nette à la paume de la main, où elles sont très nombreuses. On en compte là une centaine par millimètre carré. Certaines de ces papilles (1 et 2, fig. 123) reçoivent des vaisseaux sanguins (*papilles vasculaires*); d'autres (3 et 4) reçoivent à la fois des vaisseaux et des nerfs (*papilles nerveuses*).

Le derme est essentiellement constitué par des faisceaux de tissu conjonctif serrés et plus ou moins régulièrement superposés, avec de nombreuses cellules conjonctives étoilées et des globules blancs sanguins migrants (fig. 124). Il est le prolongement du tissu conjonctif qui entre dans la composition de la muqueuse du tube digestif (fig. 115). On y trouve de plus quelques fibres musculaires lisses ou même striées, ainsi qu'un réseau très serré de fibres élastiques qui tient la peau très exactement moulée sur toutes les parties du corps et qui s'oppose, au moins pendant la jeunesse, à la formation des plis ou des rides.

La partie la plus profonde du derme, celle qui est au contact des muscles, est très lâche et permet à la peau de glisser sur les plans sous-jacents; on l'appelle le *tissu conjonctif sous-cutané* (C, fig. 124); les fibres conjonctives y sont généralement dissociées et mélangées à une substance amorphe et gélatineuse très abondante. De plus, on y trouve en proportion variable des petits amas de cellules conjonctives remplies de graisse liquide à la température du

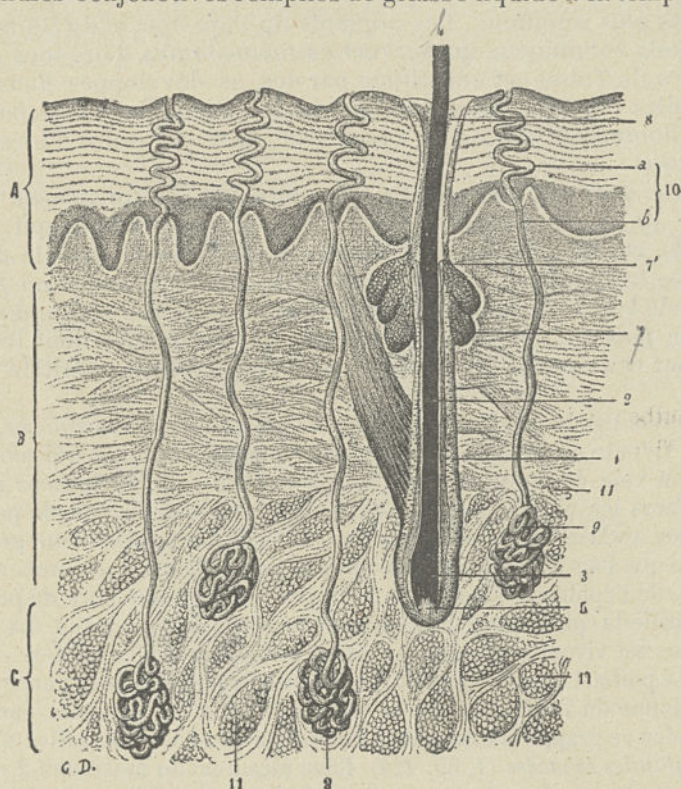


Fig. 124. — Coupe transversale de la peau. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A, épiderme. — B, derme. — C, tissu cellulaire sous-cutané.

1, tige du poil avec sa racine 2, son bulbe 3, son follicule 4 et sa papille 5; un muscle redresseur du poil inséré latéralement à gauche. — 7, glande sébacée avec son canal excréteur 7' s'ouvrant dans le follicule pileux 8. — espace libre par lequel s'écoule la matière sébacée. — 9, glomérule d'une glande sudoripare avec son canal excréteur 10. — 11, petits paquets graisseux dans le tissu cellulaire sous-cutané.

corps (11, fig. 124). Quand ils sont nombreux et serrés, ils forment le *lard* qui chez certains animaux et plus particulièrement chez les mammifères aquatiques, atteint une très grande épaisseur (jusqu'à 40 centimètres chez la baleine); étant mauvais conducteur de la chaleur, il s'oppose au rayonnement du corps et empêche celui-ci de se refroidir au contact de l'eau.

Enfin, la peau renferme une multitude de petits tubes (9, fig. 124) qui sécrètent la sueur (*glandes sudoripares*) et s'ouvrent à la surface de l'épiderme; leurs extrémités inférieures pelotonnées sont fixées dans le tissu conjonctif sous-cutané au voisinage des racines des poils. L'étude détaillée en sera faite à propos des reins (voy. ch. ix).

PRODUCTIONS DE LA PEAU. — Chez presque tous les animaux, la peau engendre des productions spéciales qui augmentent son rôle protecteur et lui permettent en particulier de mieux résister au froid. Tels sont les écailles des Poissons et des Reptiles, la carapace osseuse des Tortues, les plumes et le duvet des Oiseaux, les poils caractéristiques de tous les Mammifères, dont le développement est d'autant plus considérable que le corps est exposé à des climats plus rigoureux. Les piquants du Porc-épic et du Hérisson ne sont que des poils volumineux qui servent en même temps d'organes de défense; la carapace du Tatou est constituée par des os développés dans le derme, et les écailles des Pangolins sont des modifications de la couche cornée.

Chez l'homme, il y a lieu de considérer, dans cet ordre d'idées, les *poils* et les *ongles*.

I. — Un *poil* est une petite tige *entièrement formée de cellules* et composée de deux parties : une partie externe, libre, qui est la *tige* (1, fig. 124), et une autre cachée, située profondément dans le derme, que l'on appelle la *racine* (2); la base de celle-ci a la forme d'un petit renflement appelé *bulbe* (3); elle est à cheval sur une petite saillie du derme, la *papille du poil* (5), qui est riche en vaisseaux sanguins dont le plasma se répand par osmose à la base du poil pour en assurer la nutrition (fig. 124 et 125).

Le *bulbe* est la partie du poil la plus importante à considérer; c'est une région vivante constituée par un amas de petites cellules qui sont constamment en voie de multiplication. Les nouvelles cellules formées repoussent au dehors les plus anciennes, qui constituent ainsi la tige du poil; mais à mesure qu'elles s'éloignent du bulbe, les cellules perdent leur protoplasme ainsi que leur noyau et se transforment en une substance cornée analogue à celle de l'épiderme superficiel de la peau. L'extrémité libre du poil est donc la partie la plus âgée, la racine est la partie la plus jeune. La base de la racine est vivante, le reste du poil est formé de cellules mortes.

Le poil est toujours enduit d'une petite couche de substance grasse qui lui donne du brillant et de la souplesse; elle est sécrétée par de petites glandes en grappe semblables à celles qui produisent la salive et appelées les *glandes sébacées* (7, fig. 124). Elles mesurent au maximum 2 millimètres et sont situées dans le derme, vers la partie supérieure de la racine. Les gouttelettes grasses que sécrètent leurs cellules, s'écoulent à la surface du poil et le recouvrent d'une couche imperméable à l'eau. Les Oiseaux aquatiques possèdent à leur croupion deux glandes volumineuses de cette nature dont ils vont chercher le produit avec leur bec pour le répandre sur leurs plumes, ce qui empêche ces dernières d'être mouillées par l'eau.

Enfin, les poils sont accompagnés de petits muscles, dits *horripilateurs*, qui s'étendent obliquement de leur base à la face interne de l'épiderme (fig. 124, à gauche du poil); en se contractant, ils font saillir légèrement le bulbe du poil vers le dehors et produisent ainsi ce qu'on appelle la *chair de poule*.

Les différentes cellules du poil n'ont pas partout la même forme et on y distingue généralement trois régions :

1° *L'épidermicule*, assise la plus externe des cellules, qui constitue une sorte d'épiderme simple à la surface du poil;

2° *L'écorce*, qui paraît striée longitudinalement, est composée de cellules allongées, de nature cornée et remplies de petites granulations pigmentaires qui donnent au poil sa couleur particulière;

3° Enfin la *moelle*, qui comprend les cellules de l'axe central du poil : elles sont polyédriques et remplies d'air. Lorsque le poil blanchit, c'est que les cellules pigmentaires ont perdu leur matière colorante et se sont remplies d'air ; les granulations pigmentaires seraient absorbées par des leucocytes ; le fait a été observé en particulier chez les Mammifères dont les poils blanchissent dans certaines saisons.

La racine du poil est protégée par trois enveloppes concentriques. Pour se rendre compte de leur nature et de leur position, il suffit de supposer un poil d'abord complètement libre hors de la peau et qui s'enfoncerait ensuite progressivement dans le derme, en repoussant devant lui les différentes parties de la peau dont il se coifferait (IV. fig. 125).

1° La couche cornée de l'épiderme, refoulée la première, constitue au poil une première

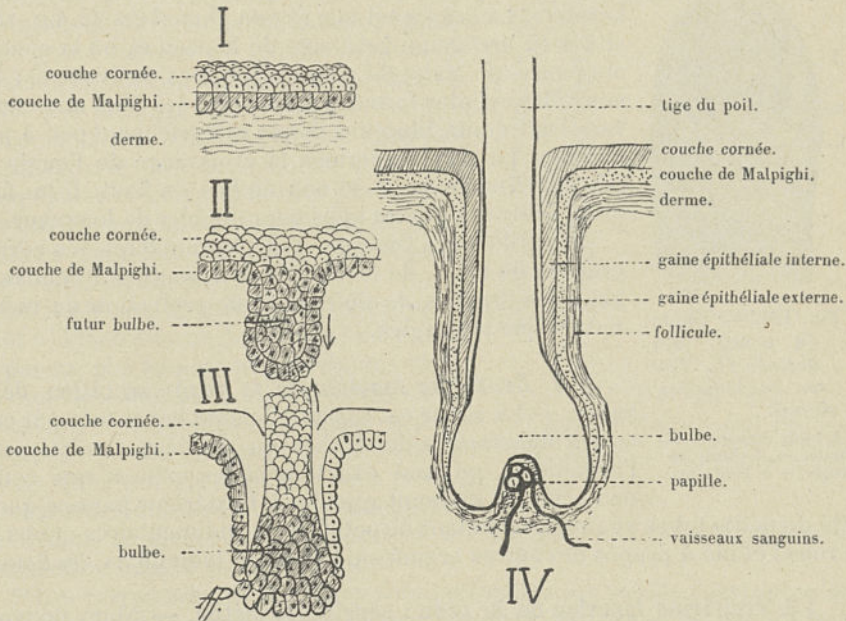


Fig. 125. — Différentes phases du développement d'un poil.

enveloppe qui est située à son contact immédiat, et comme elle est formée uniquement de cellules, on l'appelle la *gaine épithéliale interne* ;

2° La couche muqueuse de Malpighi, refoulée en second lieu, constitue une deuxième enveloppe appelée à cause de sa nature cellulaire et de sa position, la *gaine épithéliale externe* ;

3° Enfin le derme, qui est repoussé en dernier lieu, se durcit un peu pour ainsi dire tout à l'entour du poil et forme comme une sorte de fourreau dans lequel est logée la racine tout entière ; on l'appelle le *follicule* ou *gaine folliculaire*.

Ajoutons que la *gaine épithéliale externe*, formée par la couche vivante de Malpighi, est en connexion intime, à sa base, avec le bulbe du poil, et que ce dernier n'est pas autre chose qu'une portion de la couche muqueuse de la peau qui s'est enfoncée dans le derme, puis qui a continué ainsi à proliférer vers le dehors en engendrant la tige du poil.

Le développement d'un poil se fait en effet de la façon suivante (fig. 125).

Là où un poil doit apparaître, l'assise la plus profonde de l'épiderme (assise vivante de Malpighi) engendre des cellules qui, au lieu de se diriger comme d'habitude vers le dehors, s'enfoncent dans le derme et forment une sorte de bâtonnet cellulaire qui s'allonge peu à peu dans la profondeur de la peau : c'est la *future racine du poil* (II). A un moment donné, ce bâtonnet se dilate par le fond pour devenir le *bulbe*, et entoure une saillie vasculaire du derme qui sera la *papille du poil* (III). Puis les cellules du renflement terminal ou *bulbe* cessent de proliférer vers le bas comme elles l'avaient fait jusqu'à présent ; les

nouvelles cellules qu'elles engendrent se dirigent au contraire vers le dehors et engendrent la tige du poil.

Ce processus montre bien que la partie génératrice du poil, c'est-à-dire son *bulbe*, n'est qu'un renflement de la couche muqueuse de Malpighi qui s'est enfoncée dans la profondeur du derme pour s'y constituer une loge et y prendre un point d'attache.

II. — Les *ongles* sont des lames qui recouvrent le dessus de la dernière phalange et qui sont de nature cornée comme les poils, c'est-à-dire qu'elles sont formées de cellules très serrées, mortes, et dont les parois aplaties se sont oxydées et transformées en kératine. La *lunule* est une région plus claire (2, fig. 126) située en arrière au voisinage de la peau et où la couche muqueuse de Malpighi se multiplie très activement; les nouvelles cellules formées repoussent les plus anciennes vers l'extrémité libre des doigts et deviennent peu à peu cornées. En d'autres termes la croissance de l'ongle se fait d'arrière en avant et non de bas en haut. Il lui faudrait de trois à quatre mois pour doubler de longueur.

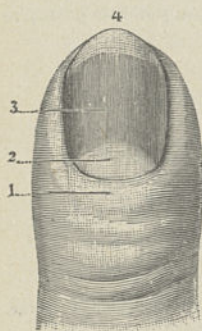


Fig. 126. — Ongle du pouce, face dorsale (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, repli cutané. — 2, lunule. — 3, corps de l'ongle. — 4, bord libre.

Les griffes des Oiseaux et des Mammifères, les cornes creuses du bœuf, de la chèvre et des autres Ruminants, sont des organes de défense et de protection de même nature que les ongles.

§ 2. Deuxième fonction de la peau : sécrétion de la sueur. — La sueur est essentiellement constituée par certaines substances de déchet ou de désassimilation de l'organisme qui sont exactement les mêmes que celles de l'urine, et qui sont rejetées à l'extérieur par une quantité de petits tubes analogues à autant de petits reins rudimentaires : nous en ferons l'étude à propos des autres organes d'excrétion (voir Ch. ix, *les Reins*).

§ 3. Troisième fonction de la peau : sensibilité tactile. — Nous pouvons apprécier dans une certaine mesure le poids, la forme, la dureté, la température et les dimensions des corps rien qu'en les touchant avec les doigts, grâce à des petits organes nerveux qui ont la propriété d'être excitables par une simple *pression* ou par la chaleur et que l'on appelle les *corpuscules tactiles*.

Leur répartition est très variable : on en trouve dans toute l'étendue de la peau, mais ils sont particulièrement nombreux sur la langue et à la face interne des doigts, à la paume de la main et à la plante des pieds. La main est par excellence l'organe du toucher. Certains sont situés plus profondément à la surface des muscles et nous donnent, croit-on des sensations vagues telles que la faim et la soif.

Si on appuie sur la langue les deux pointes d'un compas éloignées seulement de 1 millimètre, on perçoit deux sensations distinctes parfaitement nettes. Mais pour éprouver deux sensations différentes au bout des doigts, il faut que les pointes du compas soient distantes de 2 millimètres ; elles doivent l'être de 3 millimètres à la paume de la main et de 5 millimètres tout le long du dos, à droite et à gauche de la colonne vertébrale. La sensibilité tactile décroît donc progressivement depuis la tête et les pointes des doigts jusqu'au tronc.

D'autre part, il suffit d'un poids de 2 milligrammes pour déterminer une sensation de pression sur le front ou sur les tempes, tandis qu'il faut 10 milligrammes pour produire une semblable excitation sur la pulpe des doigts.

Les *corpuscules tactiles* sont de trois sortes, ceux de Pacini, de Meissner et de Krause.

1° Les *corpuscules de Pacini ou de Vater* (fig. 127) sont des petits organes transparents de forme ovale, qui atteignent jusqu'à 4 millimètres. Ils sont composés d'une enveloppe épaisse, formée d'un grand nombre de fibres conjonctives concentriques *e* qui limitent une cavité centrale, très allongée et très étroite, remplie d'une substance gélatineuse. Une fibre nerveuse appartenant à une cellule d'un ganglion spinal vient s'y terminer par un petit renflement, ou bien par un buisson de ramifications dont les extrémités sont légèrement renflées (fig. 127).

On les trouve dans le derme, principalement à la face interne des doigts ; ils y sont suspendus par un petit pédoncule aux filets nerveux qui contournent les doigts (nerfs collatéraux). L'index et le médium, en particulier, en possèdent chacun une centaine (I, fig. 127). On en trouve encore le long des nerfs des muscles et des articulations, même dans le mésentère. Ce seraient ces

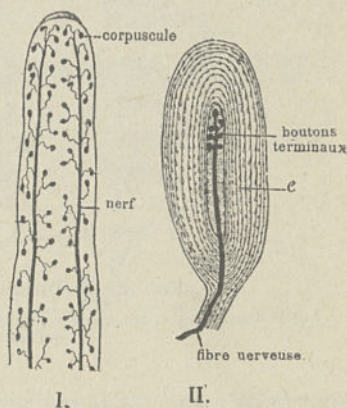


Fig. 127.

I, nerfs collatéraux d'un doigt avec leurs corpuscules. — II, un corpuscule de Pacini ou de Vater. — *e*, ses enveloppes conjonctives.

derniers qui nous donneraient la sensation de la faim et de la soif.

2° Les *corpuscules de Meissner* sont logés dans les papilles nerveuses du derme (4, fig. 123) et en raison de leur situation plus superficielle, ils servent mieux à la sensibilité tactile que les précédents. Mais ils sont plus petits car ils ne dépassent pas $1/10^{\circ}$ de millimètre. Ce sont les organes vraiment actifs dans le toucher proprement dit.

Ils sont composés d'un massif ovoïde de cellules conjonctives disposées sur plusieurs rangées et entourées d'une membrane également conjonctive (fig. 128). Quelques fibres nerveuses envoyées par la racine postérieure d'un nerf rachidien (IV) pénètrent latéralement dans ce massif et s'y subdivisent en ramifications qui se terminent chacune par un petit disque aplati ; chaque disque est en serré entre deux cellules conjonctives, dont le rôle est uniquement de servir de soutien. La moindre pression exercée à la surface de ces corpuscules se transmet à tous les petits disques nerveux par l'intermédiaire des cellules conjonctives qui les séparent.

Les corpuscules de Meissner se trouvent surtout dans les régions de la peau dépourvues de poils (face interne des doigts et des orteils, paume de la main et plante des pieds). La première phalange des doigts en est particulièrement riche ; sur 100 papilles qui existent par millimètre carré sur sa face interne, il y en a le quart qui possèdent des corpuscules nerveux ; chacun sait en effet que c'est le bout des doigts qui jouit de la plus grande sensibilité tactile et que la main est l'organe du toucher le plus perfectionné.

Le bec du canard, du cygne, de l'oie et des autres palmipèdes possède sur son pourtour une membrane molle qui est très riche en corpuscules de Meissner et jouit d'une très grande sensibilité tactile. Ils ont la même structure que ceux de l'homme; il y en a même qui sont beaucoup plus simples et ne

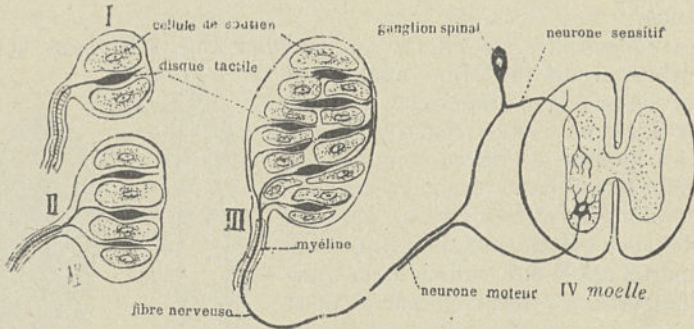


Fig. 128. — Différents corpuscules tactiles de Meissner.

I et II dans le bec et langue du canard. — III, chez l'homme avec ses relations avec la moelle épinière qui est coupée transversalement en IV.

sont formés que de deux cellules de soutien, entre lesquelles se trouve un petit disque nerveux tactile (I et II, fig. 128).

3° Les *corpuscules de Krause* sont moins fréquents; ils ne se trouvent guère que dans la conjonctive de l'œil et dans les petites papilles filiformes de la langue; chez ces dernières, elles nous permettent d'apprécier, par le simple contact, la présence des corps étrangers que nous introduisons dans la bouche. Ce sont les plus petits de tous; leur taille ne dépasse pas 1/10 de millimètre et descend souvent jusqu'à 3/100 de millimètre. Quelques-uns sont organisés comme ceux de Meissner; la plupart rappellent ceux de Vater, et dans ce cas ce sont des petits boutons de gelée transparente, recouverts d'une mince membrane, au centre desquels une fibre nerveuse vient se terminer soit en pointe, soit en massue.

Les longs poils qui forment la moustache du chat, du lapin, etc., servent d'organes du tact et jouissent même d'une grande sensibilité; leur racine est entourée de filets nerveux qui se terminent par des petits disques aplatis comme ceux des corpuscules de Meissner.

Terminaisons nerveuses intra-épidermiques. — D'autre part, toute la surface du corps est sensible aux piqûres, aux brûlures, etc., c'est-à-dire qu'elle est le siège de la *sensibilité générale*. Quelques régions sont particulièrement bien douées pour nous donner la sensation de la température: les paupières, le dos de la main et les pommettes. Cela tient à ce qu'il existe, dans l'épiderme de la peau, des buissons de terminaisons nerveuses qui, étant situées très superficiellement, se trouvent très facilement influençables par les variations de température. Ces *terminaisons nerveuses intra-épidermiques* sont constituées par les extrémités périphériques des fibres sensibles des nerfs rachidiens.

On se rappelle que les cellules pyriformes des ganglions spinaux (g, fig. 88) possèdent un prolongement très court qui se divise en deux branches:

l'une *r* qui pénètre dans l'intérieur de la moelle, l'autre qui se dirige vers la périphérie du corps en s'accolant aux fibres motrices de la racine antérieure. Ce prolongement s'isole de nouveau au voisinage de l'épiderme et se subdivise en un buisson de ramifications effilées qui s'immiscent entre les cellules de la couche muqueuse. Elles n'arrivent jamais dans la couche cornée, ce qui fait que la partie la plus superficielle de la peau est dépourvue de toute sensibilité.

On trouve de semblables terminaisons nerveuses dans l'épithélium stratifié qui couvre la surface de la cornée transparente de l'œil. (fig. 129).

Ajoutons que nos connaissances sur la perception des douleurs, du chaud et du froid sont loin d'être complètes; il serait même possible que chacune de ces catégories de sensations fût conduite par des filets nerveux différents; beaucoup de faits, en effet, ne sont pas encore expliqués : du menthol appliqué sur le front donne une sensation de froid, tandis que sur le coude et le poignet il donne une sensation

de chaud; le malade chloroformé auquel on fait subir une opération sent le contact des instruments, mais n'éprouve pas de douleur.

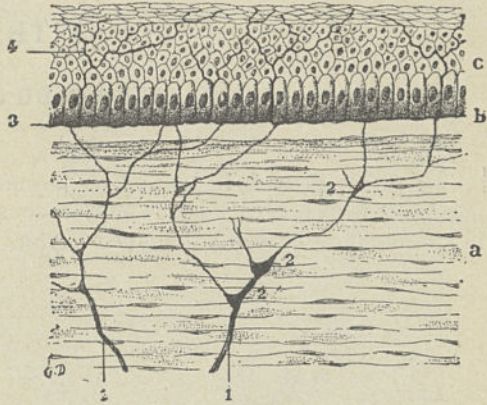


Fig. 129. — Coupe transversale de la cornée (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

a, tissu conjonctif de la cornée recouvert par un épithélium stratifié *c*, dans lequel les fibres nerveuses 1, 2, se terminent par des ramifications intra-épithéliales 4.

CHAPITRE II

ORGANE DU GOUT

§ 1. Description de la langue. — Les terminaisons nerveuses qui nous font percevoir la *saveur* des corps sont logées dans la muqueuse qui recouvre la langue, de telle sorte que cette dernière se trouve être l'organe du goût,

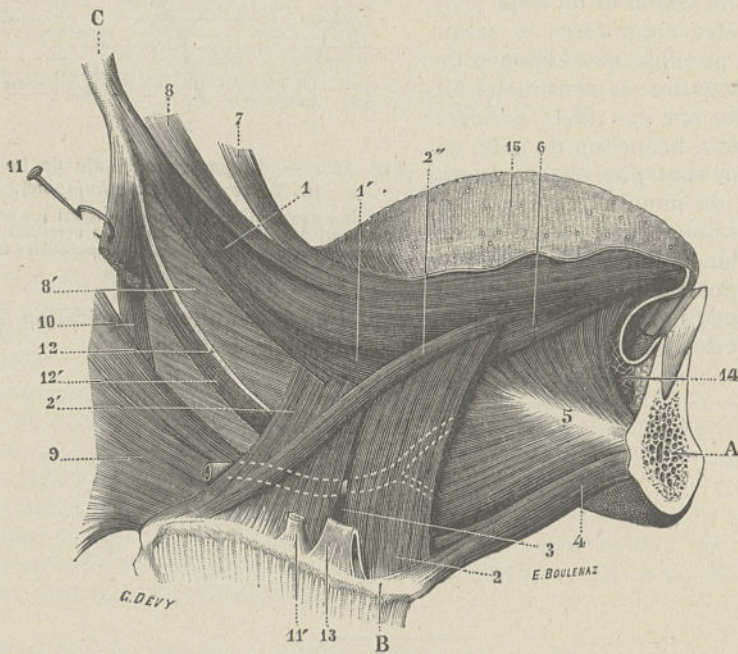


Fig. 130. — Muscles de la langue, vue latérale droite. (L. TESTUT. *Anatomie humaine*.)

A, os maxillaire inférieur sectionné. — B, os hyoïde. — C, apophyse styloïde du temporal, — 1, muscle stylo-glosse dont la partie inférieure pénètre dans la langue. — 2, 2', muscle hyoglosse. — 4, muscle génio-hyoïdien. — 5, muscle génio-glosse. — 6, muscle lingual inférieur. — 13, poulie du digastrique. — 15, muqueuse du dos de la langue.

en même temps qu'elle sert dans une certaine mesure à la préhension des aliments, à leur mastication et à leur déglutition, sans oublier le rôle important qu'elle joue dans la parole.

La langue est *uniquement formée par une masse musculaire rouge* (fibres striées) que recouvre une membrane muqueuse, prolongement de la muqueuse des lèvres (fig. 130).

Les fibres musculaires qui constituent la langue ont plusieurs directions : 1° celles de la face supérieure sont dirigées d'arrière en avant et forment le *muscle lingual supérieur* ; leurs contractions font soulever la pointe de la langue ; 2° celles de la face inférieure sont dirigées parallèlement aux précédentes ; en se contractant elles font incliner la pointe de la langue vers le bas ; 3° entre les deux plans musculaires précédents, il y en a un troisième dont les fibres s'étendent transversalement et forment le *muscle lingual trans-*

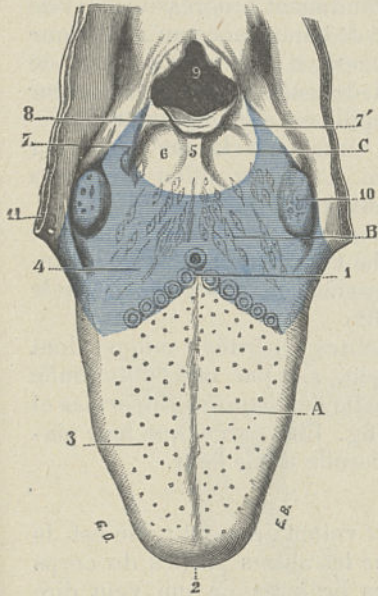


Fig. 131. — Langue vue par la face dorsale (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

I, V. lingual. — 2, pointe de la langue. — 3, sa base. — 4, épiglote. — 5, ouverture supérieure du larynx. — 6, amygdales. — 7, 7', 8, 9, 10, 11, piliers antérieurs du voile du palais. — 12, zone tactile innervée par le nerf lingual. — 13, zone gustative innervée par le glosso-pharyngien.

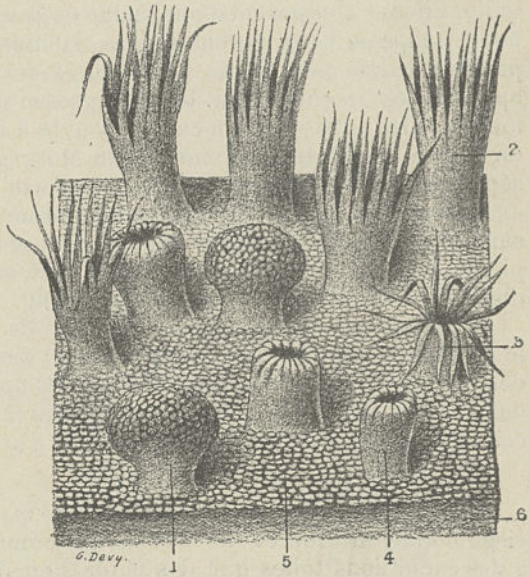


Fig. 132. — Portion de la surface de la langue fortement grossie pour montrer l'aspect des papilles (schématique) (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, 1, deux papilles fongiformes avec leur tête et leur pédicule. — 2, papille corolliforme avec prolongements verticaux. — 3, une autre dont les prolongements se renversent en dehors. — 4, ils sont renversés en dedans. — 5, nombreuses petites papilles hémisphériques.

verse ; il sert à faire plier la langue en deux moitiés longitudinales, c'est-à-dire à la faire mettre en gouttière.

A cette masse musculaire, qui constitue à elle seule presque la totalité de la langue, s'ajoutent cinq autres muscles principaux qui lui permettent de rentrer tout à fait au fond de la bouche ou d'en sortir. Ce sont (fig. 130) :

1° Le *génio-glosse* (5), qui part de la mâchoire inférieure et va s'étaler en éventail à la base de la langue : c'est lui qui tire la langue au maximum hors de la bouche ;

2° Les deux *hyoglosses* (2 et 2'), fixés inférieurement de chaque côté de l'os *hyoïde* qui surmonte le larynx, et supérieurement à la base de la langue ; leurs contractions maintiennent la langue dans la bouche ;

3° Les deux *stylo-glosses* (1), muscles effilés qui s'insèrent d'une part à l'*apophyse styloïde* de l'os temporal et d'autre part à la base de la langue ; ils contribuent également à tirer la langue au fond de la bouche.

§ 2. Description des papilles. — La face supérieure de la langue présente

un nombre considérable de petites aspérités ou *papilles* qui la rendent raboteuse et renferment des terminaisons nerveuses nous permettant d'apprécier la saveur des corps. Elles sont de quatre formes différentes :

1° Les *papilles calicicoles* qui sont les plus volumineuses de toutes et qui occupent le fond de la face dorsale de la langue ; il n'y en a guère plus d'une douzaine ; elles sont placées suivant un *v* ouvert en avant et dont le sommet est situé tout à fait en arrière (1, fig. 131) ; la plus grosse occupe le sommet de ce *v* lingual et les autres vont en diminuant progressivement de taille. Elles se composent d'une saillie en tronc de cône placée au fond d'une petite coupe ou *calice* creusée dans la muqueuse, d'où leur qualificatif de papilles *calicicoles*, terme préférable à celui de *caliciformes* qu'on leur applique très fréquemment. La plus grosse papille est située plus profondément que les autres, et son calice s'ouvre à la surface de la muqueuse par un orifice appelé le *trou borgne* de Morgagni. Un léger sillon circulaire sépare le corps de la papille de la muqueuse environnante.

2° Les *papilles fongiformes* ont la forme d'un petit renflement pédiculé saillant à la surface de la muqueuse et rappelant un peu une tête de champignon (*fungus*, champignon) ; elles sont réparties un peu partout sur le dos, la pointe et le bout de la langue (1, fig. 132).

3° Enfin d'autres papilles ont la forme de petites aspérités coniques dont le sommet se termine soit par un filament simple, soit par une petite touffe des filaments : dans le premier cas on les appelle des *papilles filiformes* et dans le second, des *papilles corolliformes* (2, fig. 132) parce que leur pinceau de filaments est un peu comparable à la corolle d'une fleur.

§ 3. Ners de la langue. — La langue se *meut* volontairement ; elle est le siège de la *gustation* et elle est sensible comme les autres parties du corps à des excitations telles que des piqûres ou des brûlures, ce qui veut dire qu'elle est douée d'une certaine *sensibilité générale* ; enfin, quand un corps étranger est déposé à sa surface, il y produit encore une impression de poids et de dureté, ce qui indique que la langue est encore le siège d'une certaine *sensibilité tactile*.

Par conséquent, elle renferme des nerfs spéciaux qui président à chacune de ces quatre fonctions. Ce sont (fig. 109) :

1° *Deux nerfs moteurs*, les *hypoglosses*, 12° paire crânienne ; leur section amène la paralysie de la langue ; un chien ainsi opéré ne peut plus retenir les aliments dans sa bouche et se mord la langue qu'il ne peut plus faire remuer.

2° *Deux nerfs gustatifs*, les *glosso-pharyngiens*, 9° paire crânienne ; ils se ramifient principalement dans les papilles *calicicoles* et constituent les *nerfs gustatifs* par excellence, car, après leur section, les chiens avalent des substances très amères auxquelles ils ne voulaient pas toucher auparavant.

Toutefois, il a été reconnu qu'après la section des *glosso-pharyngiens*, la moitié antérieure de la langue possède encore la faculté de goûter les aliments ; c'est que les papilles *fongiformes* de cette région reçoivent les terminaisons des deux *nerfs intermédiaires de Wisberg* qui sont les racines sensibles des nerfs faciaux.

La *corde du tympan* (fig. 109), branche du nerf facial, s'accôle avec le nerf lingual qu'il suit dans toutes ses ramifications ; on lui attribue également un rôle gustatif dans la partie antérieure de la langue. Nous avons vu d'autre part qu'elle envoie des filets sécrétoires à la glande sous-maxillaire (p. 117).

3° Enfin, le *nerf lingual* (fig. 109) se détache de chaque côté du nerf maxillaire inférieure (branche du nerf trijumeau) et va se terminer principalement à la partie antérieure de la langue, dans les papilles *filiformes* et *corolliformes*; d'autres de ses filets se terminent entre les cellules de l'épiderme de la muqueuse par des arborisations qui rappellent tout à fait celles de l'épiderme de la peau.

La suppression des deux *nerfs linguaux* abolit la *sensibilité tactile* et la *sensibilité générale* dans la langue. Cela montre que les papilles *filiformes* et *corolliformes* où se rendent ces nerfs sont purement tactiles et ne jouent aucun rôle dans la gustation. Les différentes papilles de la langue se divisent donc en deux catégories d'après leurs fonctions : les papilles *calicicoles* et *fongiformes* sont *gustatives*; les papilles *filiformes* et *corolliformes* sont purement *tactiles*.

§ 4. **Structure des papilles.** — 1° Les papilles *calicicoles* renferment sur leur pourtour circulaire un nombre considérable de petits corpuscules ovoïdes de 0^{mm},1 ou 0^{mm},2 de diamètre (*c*, fig. 133) dans lesquels aboutissent les terminaisons nerveuses des nerfs glosso-pharyngiens et que l'on

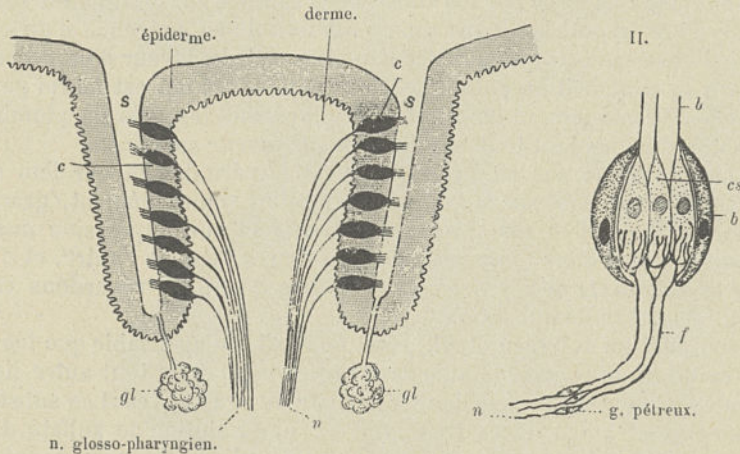


Fig. 133.

I. — Une papille *calicicole* isolée. — *o*, olives du goût saillantes dans le sillon circulaire *s* de la papille et recevant les filets nerveux *n*. — *gl*, glandes. — II. Une olive isolée. — *cs*, cellules gustatives avec leur bâtonnet *b* et enveloppées chacune par un buisson de ramifications nerveuses envoyées par les fibres *f* du nerf glosso-pharyngien. — *s*, cellules enveloppantes. — *gl*, glandes dont le produit se déverse dans le sillon *s* de la papille.

appelle les *bourgeons gustatifs* ou encore les *olives* du goût. On en compte jusqu'à 500 par papille chez le mouton et 2000 chez le bœuf.

Ils sont tous placés régulièrement dans l'intérieur de l'épithélium et sont d'ailleurs formés tout simplement par certaines cellules de ce même épithélium qui ont pris une forme différente des autres.

Chaque olive se compose en effet d'une masse de cellules ovoïdes *cs* appelées *cellules gustatives* (II, fig. 133), et terminées chacune extérieurement par un bâtonnet *b* faisant légèrement saillie dans le sillon *s* de la papille; la base de ces cellules est enserrée par un buisson de ramifications nerveuses appartenant au nerf glosso-pharyngien; celui-ci possède sur son trajet un

ganglion formé de cellules bipolaires (*ganglion pétreux*) et ce sont les prolongements protoplasmiques *f* de ces cellules qui vont s'épanouir à la base des cellules gustatives.

A la périphérie de l'olive se trouve une assise de grandes cellules enveloppantes *s* courbées en arc.

Les corps sapides produisent sur les cellules gustatives à bâtonnet une impression particulière que celles-ci transmettent aux terminaisons nerveuses qui les ensèrent, et qui se rend ensuite au cerveau par l'intermédiaire des filets des glosso-pharyngiens.

2° Les papilles *fongiformes* renferment des *olives du goût* tout à fait semblables aux précédentes ; il y en a une rangée à la surface de chaque papille.

3° Enfin les papilles *filiformes* et *corolliformes* ne renferment absolument que de ces petits *corpuscules tactiles* de Krause que nous avons décrits précédemment à propos de la peau (p. 148).

Nous ne savons rien de précis sur le mécanisme de l'excitation des olives du goût. La gustation est-elle le résultat d'un mouvement vibratoire particulier communiqué aux cellules sensorielles, ou bien le résultat d'une action chimique exercée par les substances sapides sur ces mêmes cellules ? Cette dernière hypothèse n'est guère admissible en présence d'un certain nombre d'observations qui paraissent montrer que la saveur d'un corps n'est pas liée à sa composition chimique. Un exemple très net est fourni par trois substances chimiquement différentes, la glycérine, les sels de plomb et le sucre qui ont cependant toutes trois la *même saveur sucrée*.

On ne sait même pas au juste quelle est la véritable saveur d'un corps, car lorsqu'il est déposé sur la langue il y produit simultanément, grâce aux deux sortes de papilles, une impression *tactile* et une impression *gustative* que nous sommes dans l'impossibilité de séparer l'une de l'autre, et *c'est en somme la résultante de ces deux impressions* que nous regardons comme la *saveur* du corps en question.

Le seul fait qui soit bien établi, c'est qu'il est indispensable que les substances soit dissoutes au préalable dans la salive ou dans tout autre liquide, pour qu'elles puissent impressionner nos papilles gustatives. Les substances amères agissent à des doses très faibles : une solution de sulfate de quinine au 100.000^e est encore amère, tandis que de l'eau salée ou sucrée à ce titre ne produit aucune sensation ; d'autre part, si le corps est trop chaud ou trop froid, il ne donne lieu qu'à des sensations thermiques.

CHAPITRE III

ORGANE DE L'OLFACTION

§ 1. Description des fosses nasales. — La muqueuse qui tapisse les fosses nasales et qui est la continuation de la peau du corps renferme, sur une par-

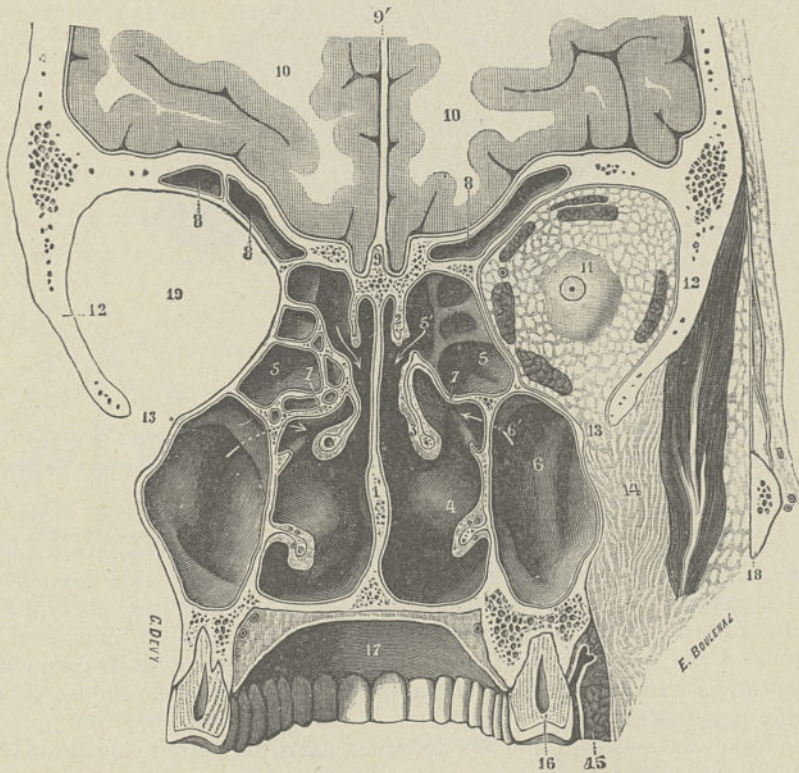


Fig. 134. — Coupe verticale, de droite à gauche, des fosses nasales
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, cloison des fosses nasales. — 2, cornet supérieur. — 3, cornet moyen. — 4, cornet inférieur. — 5, cellules ethmoïdales avec leurs débouchés 5' dans le méat supérieur. — 6, sinus maxillaire avec son ouverture 6' dans le méat moyen. — 8, sinus frontal. — 9, apophyse crista-galli et 9' faux du cerveau. — 10, cerveau. — 11, globe de l'œil et ses muscles. — 12, grande aile du sphénoïde. — 17, voûte palatine. — 19, orbite gauche.

tie de son étendue, des cellules nerveuses qui ont la propriété particulière d'être excitées par les corps à l'état gazeux et de nous en faire percevoir l'odeur. Cette muqueuse constitue par conséquent l'organe de l'olfaction ;

elle nous renseigne sur certaines qualités de l'air respiré ou des aliments portés à la bouche.

Pour que les cellules nerveuses de la muqueuse nasale soient excitées, il est nécessaire non seulement que la substance odorante se trouve à l'état gazeux ou tout au moins qu'elle émette des vapeurs, mais il est encore indispensable que ces dernières arrivent avec une certaine force au contact de la muqueuse humide. Nous aspirons fortement par le nez lorsque nous voulons bien percevoir une odeur ; et c'est pour cette raison que l'organe de l'olfaction se trouve toujours placé, chez les Vertébrés terrestres ou aériens,

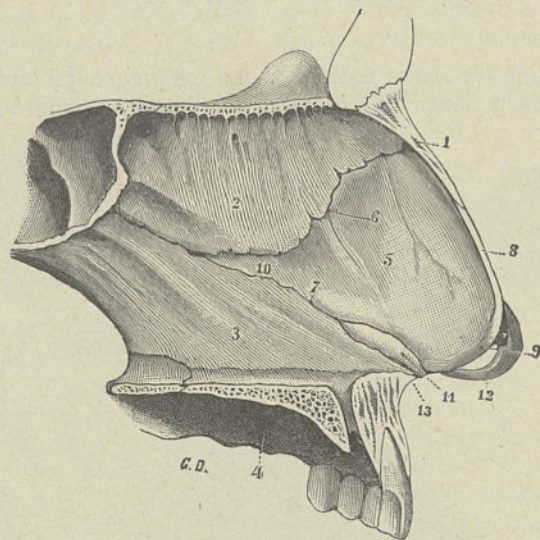


Fig. 135. — Cloison médiane du nez vue de face (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, os propre du nez. — 2, lame perpendiculaire de l'ethmoïde. — 3, vomer. — 4, maxillaire supérieur.
5, cartilage de la cloison.

sur le trajet des fosses nasales que parcourt sans cesse un courant d'air se rendant aux poumons. Inversement, nous percevons fort mal les odeurs dans les cas de rhume de cerveau parce que les mucosités accumulées dans les fosses nasales s'opposent au passage de l'air, ou enduisent la muqueuse d'une couche liquide qui empêche son contact avec les vapeurs. Si on remplit les fosses nasales avec une eau odorante quelconque, on ne perçoit aucune odeur.

Les fosses nasales sont limitées de toutes parts par certains os de la tête et sont séparées l'une de l'autre par une cloison médiane.

En haut les parois sont formées par les *os propres* du nez, une petite partie du *sphénoïde* et la *lame criblée* de l'ethmoïde (fig. 134).

Les parois latérales sont constituées par les deux *masses latérales* de l'ethmoïde (3, fig. 37), ainsi que par leurs saillies internes et contournées qui portent les noms de *cornets supérieurs* et *cornets moyens* (2 et 3, fig. 134) ; au-dessous de ces derniers viennent les *cornets inférieurs* qui sont deux os spéciaux de la face (4, fig. 134). Toutefois ces pièces osseuses n'arrivent pas jusqu'au bas des ailes du nez ; il n'y a dans cette dernière région

que des lames cartilagineuses (2 de chaque côté) qui donnent une certaine souplesse à l'extrémité du nez.

Enfin les parois inférieures sont limitées par le plafond de la bouche, formé par les deux palatins et les deux maxillaires supérieurs.

Quant à la cloison médiane qui sépare les deux fosses nasales (1, fig. 134), elle consiste en une lame osseuse plane formée par la *lame perpendiculaire* de l'ethmoïde (2, fig. 135) et par le *vomer* (3, fig. 135), le seul os impair de la face; mais ces deux pièces ne se continuent pas jusqu'à la pointe du nez, où la cloison n'est plus formée que par une lame cartilagineuse (5, fig. 135).

Ajoutons que chaque fosse nasale présente trois communications en plus de sa large ouverture à l'extérieur : la *trompe d'Eustache* la fait communiquer avec la cavité de l'oreille moyenne (fig. 164); le *canal lacrymal* lui amène les larmes qui ont glissé à la surface de l'œil (fig. 140); et enfin, elle s'ouvre en arrière dans le fond de la bouche ou pharynx pour laisser passer l'air dans la trachée et les poumons (fig. 184).

Les fosses nasales communiquent encore avec les nombreuses cavités irrégulières ou sinus creusées dans tous les os du voisinage : en haut avec les *sinus du sphénoïde*; latéralement avec les nombreuses *cellules de l'ethmoïde*, qui elles-mêmes communiquent avec les *sinus frontaux*; et enfin avec les grands sinus ou *antres d'Higmore* creusés dans les maxillaires supérieurs. La muqueuse qui tapisse les fosses nasales se continue dans l'intérieur de ces différents sinus. Ces derniers se remplissent de mucosités dans les rhumes de cerveau ou coryza.

Les fosses nasales ont une surface lisse le long de la cloison médiane, mais sur les faces latérales elles sont très irrégulières et présentent trois

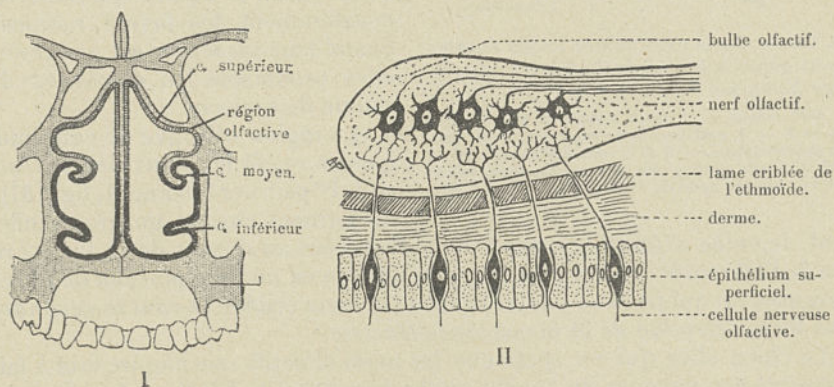


Fig. 136.

I, figure schématique des fosses nasales. La région olfactive est recouverte de hachures.
II, coupe de la muqueuse olfactive.

anfractuosités ou *méats* limités par trois replis internes de la paroi; ces replis ont une forme un peu contournée, parce qu'ils sont soutenus chacun par une de ces pièces osseuses également contournées que nous avons appelées les *cornets*, ce qui fait que ces replis sont eux-mêmes désignés sous les noms de *cornets supérieurs, moyens et inférieurs* (fig. 134 et 136).

§ 2. Structure de la muqueuse et des cellules olfactives. — La muqueuse des fosses nasales est le prolongement de la peau externe et se moule exactement sur les replis et les anfractuosités dont nous venons de parler. Elle

porte le nom de *membrane pituitaire*⁴. Mais elle n'a pas partout le même aspect ni les mêmes propriétés :

1° Sa partie inférieure est rouge à cause des nombreux vaisseaux sanguins qu'elle renferme ; elle n'a pas la propriété de percevoir les odeurs ; la grande quantité de sang qui y circule a sans doute pour effet de réchauffer l'air inspiré ;

2° Sa partie profonde est jaunâtre et s'appelle la *région olfactive* parce qu'elle renferme des cellules nerveuses spéciales excitables par les corps gazeux. Elle tapisse exactement le cornet et le méat supérieurs, la partie supérieure du cornet moyen et les parties correspondantes de la cloison des fosses nasales (I, fig. 136).

La structure de la muqueuse nasale est celle de toutes les membranes muqueuses : un épithélium — qui, ici, est stratifié tout comme celui de la peau dont il est la continuation — et une couche de tissu conjonctif qui lui sert de doublure. De nombreuses glandes, les unes en tubes, les autres en grappes, sont logées dans cette muqueuse et sécrètent le liquide qui humecte constamment les fosses nasales ; quand leur sécrétion est exagérée, elles produisent les mucosités du rhume de cerveau.

La région olfactive de cette muqueuse reçoit les deux *nerfs olfactifs*, 1^{re} paire crânienne (1, fig. 137) ; ils forment chacun un gros renfle-

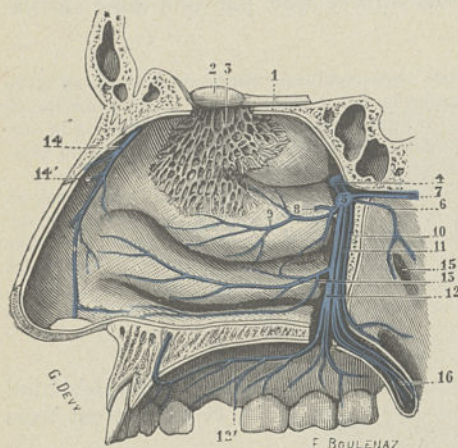


Fig. 137. — Paroi externe des fosses nasales pour montrer les nerfs (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, nerf olfactif. — 2, bulbe olfactif et ses ramifications en 3. — 4, nerf maxillaire supérieur. — 5, ganglion sphéno-palatin. — 8 et 9, nerfs sphéno-palatins. — 10, 11, 12, nerfs palatins avec leur rameau nasal en 13; 14 et 14', rameau nasal de l'ophtalmique.

ment, le *bulbe olfactif* (2), situé immédiatement au-dessus de la lame criblée de l'ethmoïde. Ce bulbe s'épanouit ensuite en un gros pinceau de fibres nerveuses (3) qui passent par les trous de la lame criblée et vont se répandre dans toute l'étendue de la membrane olfactive.

Le chien chez qui on sectionne les nerfs olfactifs, se montre tout à fait insensible aux vapeurs de l'acide sulfhydrique qui le faisaient fuir auparavant ; il devient également incapable de chercher sa nourriture par l'odorat comme il le fait habituellement.

Comment se terminent les fibres de ces nerfs dans la muqueuse olfactive ? Tout organe sensoriel est constitué, avons-nous dit (p. 138), par des cellules nerveuses situées au dehors de l'axe cérébro-spinal et qui envoient leurs prolongements protoplasmiques à la périphérie du corps pour y recevoir des excitations, tandis que leurs prolongements cylindraxiles se diri-

⁴ On l'a ainsi appelée parce que les anciens anatomistes croyaient que c'est le *corps pituitaire*, situé à la base du cerveau, qui sécrétait le liquide des fosses nasales ; cette opinion est d'ailleurs encore répandue dans le public qui se figure souvent que le *rhume de cerveau* est réellement un liquide qui s'écoule du cerveau.

gent vers la moelle ou le cerveau pour y transporter les excitations qu'elles ont reçues.

Ici les cellules nerveuses sont placées dans l'épithélium même de la muqueuse (II, fig. 136 et fig. 120). Les cellules les plus externes de cet épithélium stratifié sont cylindriques, et parmi elles sont intercalées les *cellules nerveuses olfactives* qui sont en forme de fuseau, avec un *prolongement protoplasmique unique et très court* qui fait légèrement saillie à la surface de la muqueuse, où les corps gazeux l'excitent à leur passage ; les prolongements cylindraxiles se réunissent de l'autre côté et traversent la lame criblée pour aller dans le bulbe, d'où ils se continuent par les nerfs olfactifs.

Le cylindraxe de chaque cellule nerveuse olfactive, après avoir traversé la lame criblée de l'ethmoïde, va se mettre en rapport par un buisson d'arborisations avec une cellule nerveuse située dans le bulbe olfactif ; ce dernier n'est qu'un amas de cellules nerveuses avec des prolongements protoplasmiques ramifiés et courts, situés dans le bulbe même ; leurs cylindraxes réunis les uns aux autres forment le nerf olfactif, qui va se mettre de son côté en relation avec la masse grise du centre olfactif des couches optiques (II, fig. 136).

En outre des nerfs olfactifs, la muqueuse nasale reçoit d'autres filets nerveux qui lui donnent sa sensibilité générale et qui se répandent aussi bien dans la région olfactive que dans le reste. Ils sont envoyés par le trijumeau. Ce sont : 1° le *rameau nasal* envoyé par le nerf ophtalmique (1^{re} branche du trijumeau), qui innerve en particulier le devant et la pointe du nez (14 et 14', fig. 137) ; — 2° d'autres branches nasales qui se détachent du ganglion sphéno-palatin situé sur le trajet du nerf *maxillaire supérieur* (2^e branche du trijumeau), et qui se rendent aux différents méats et aux différents cornets (8, 9 et 13 fig. 137).

CHAPITRE IV

ORGANES DE LA VUE

I. — Organes annexes de l'œil.

Avant d'entrer dans les détails de la structure et de la physiologie de l'appareil visuel, nous passerons en revue un certain nombre d'organes secondaires qui accompagnent l'œil pour en faciliter le fonctionnement. Ce sont les *paupières*, les *glandes lacrymales* et les *muscles moteurs*.

1° Les *paupières* sont deux simples replis de la peau qui ont pour fonction de protéger la surface antérieure de l'œil et d'y répartir les larmes destinées à lui maintenir sa transparence ; le *muscle orbiculaire* des paupières en assure l'occlusion ; d'autres (*élevateurs des paupières*) les font ouvrir.

Elles portent sur leurs bords des poils rigides, les *cils*, qui arrêtent les poussières de l'air ; dans leur intérieur elles possèdent chacune une petite lame rigide, le *cartilage tarse*, qui leur donne une plus grande résistance et qui n'est d'ailleurs que du tissu conjonctif plus dur que dans le reste des paupières ; celui de la paupière supérieure est un peu plus grand, semi-lunaire, avec une hauteur d'environ un centimètre (fig. 142).

Le produit gras et jaunâtre qui se dépose sur le bord des paupières, à la base des cils, est sécrété par des petites glandes en grappe, de forme allongée, appelées *glandes de Meibomius* (3, fig. 138). Chaque œil en possède une trentaine. Elles sont placées en file dans l'épaisseur des cartilages et leurs orifices débouchent sur le bord de chaque paupière ; leur produit gras y forme une sorte de petit rempart qui ne se mélange pas avec les larmes et les empêche de s'écouler sur les joues dans les conditions ordinaires.

Dans le coin interne de l'œil se trouve un petit renflement rougeâtre de chair molle, la *caroncule lacrymale* (1, fig. 139), qui sécrète également un produit gras se coagulant à ce niveau pendant le sommeil. Un peu en dehors de cette caroncule, il existe un petit repli qu'en raison de sa forme on appelle le *repli semi-lunaire* (2) et qui n'est pas autre chose que le rudiment d'une troisième paupière. Chez le chien (*onglet*) et chez le cheval (*membrane clignotante*) elle est plus développée que chez nous ; chez les Oiseaux, c'est une troisième paupière complète (*membrane nictitante*) qui se meut transversalement sous les deux autres, de dedans en dehors, à la façon d'un rideau de fenêtre.

Enfin, ajoutons que la peau qui recouvre les paupières extérieurement se continue à leur face interne, où elle devient molle et rosée (*membrane muqueuse*) ; puis elle se réfléchit de nouveau, s'étend sur la face antérieure

du globe oculaire et se continue sans interruption sur la paupière opposée ; seulement cette membrane devient très mince et très transparente au-devant de l'œil pour laisser passer la lumière et prend le nom de *conjonctive de l'œil*. Elle porte aussi ce même nom à la face interne des paupières (fig. 142).

2° *Glandes lacrymales*. — La face antérieure de l'œil devient opaque quand elle est desséchée ; elle ne laisse passer les rayons lumineux qu'à la condition d'être constamment humectée ; à cet effet il existe, dans le coin

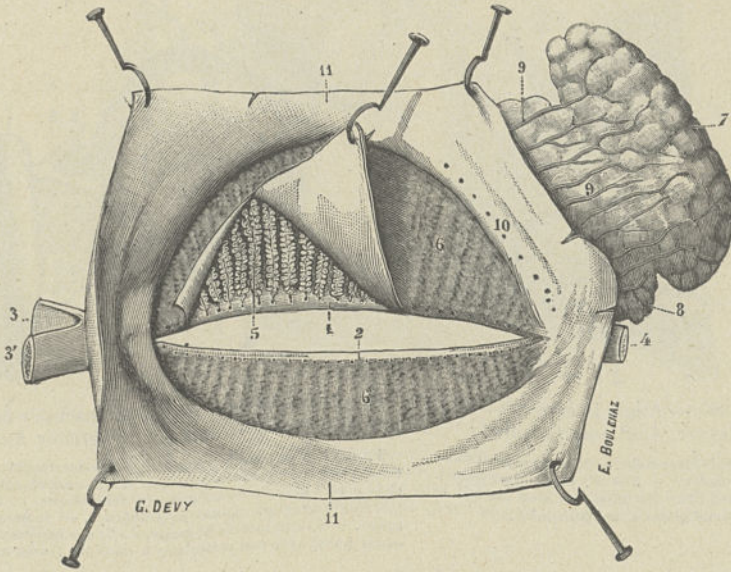


Fig. 138. — Glandes lacrymales et glandes de Meibomius (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, bord libre de la paupière supérieure avec les orifices des glandes de Meibomius. — 2, bord libre de la paupière inférieure. — 3, les glandes de Meibomius mises à découvert. — 4, les mêmes vues à travers la muqueuse des paupières. — 5, glande lacrymale avec ses canaux excréteurs 9. — 6, orifice de ces canaux dans le cul-de-sac de la conjonctive. — 7, conjonctive.

externe et supérieur de chaque œil, une glande très peu volumineuse (son poids n'atteint pas un gramme), la *glande lacrymale* (7, fig. 138), qui sécrète les larmes d'une façon continue. Les larmes, formées essentiellement d'eau légèrement salée, se déversent par huit ou dix conduits très courts (9) qui s'ouvrent à la face interne de la paupière supérieure, là où la muqueuse de cette dernière se réfléchit pour couvrir la face antérieure de l'œil.

Les paupières les étalent à la surface du globe oculaire, mais comme leur formation est continue et que la simple évaporation ne suffit pas pour les faire disparaître au fur et à mesure, l'excès s'écoule dans la fosse nasale correspondante par le dispositif suivant : dans le coin interne de l'œil, il existe deux orifices très étroits, les *points lacrymaux* (3 et 3, fig. 139 ; 5, fig. 140), situés l'un au-dessus et l'autre au-dessous de la caroncule, sur le bord même des paupières ; ce sont les ouvertures de deux petits conduits très courts, les *conduits lacrymaux*, qui vont tomber l'un et l'autre dans un petit sac, le *sac lacrymal*, logé dans une petite gouttière osseuse de l'os unguis ;

ce sac se continue lui-même par le *canal nasal*, lequel va s'ouvrir dans le méat inférieur de la fosse nasale correspondante (6, 7, 8, fig. 140).

Les larmes, une fois étalées sur la conjonctive par la paupière supérieure, se dirigent vers le coin interne de l'œil et s'engagent dans les conduits précédents qui les déversent dans les fosses nasales. Des corps étrangers déposés sous les paupières ou même des émotions violentes, déterminent par voie réflexe une sécrétion très abondante de larmes; et comme les con-

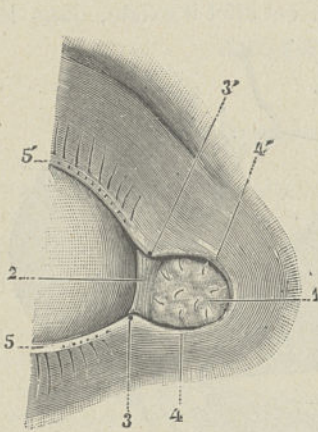


Fig. 139. — Angle interne de l'œil
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1, caroncule lacrymale. — 2, repli semi-lunaire de la conjonctive. — 3 et 3', points lacrymaux. — 5, 5', bord libre des paupières avec les cils et les orifices des glandes de Meibomius.

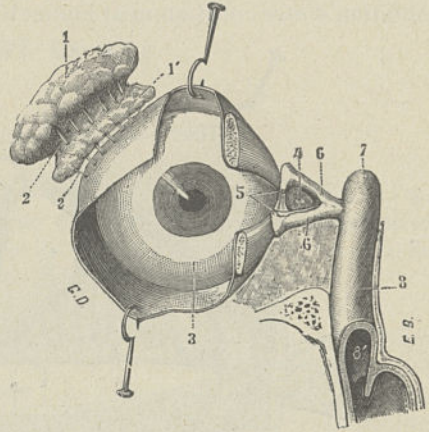


Fig. 140. — Œil vu de face et ensemble de l'appareil lacrymal (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Au centre, la pupille représentée par un cercle noir; les circonférences concentriques qui suivent représentent l'iris et le cercle blanc plus externe, la sclérotique. — 1, glande lacrymale avec ses canaux excréteurs 2. — 5, points lacrymaux. — 6, conduits lacrymaux. — 7, sac lacrymal. — 8, le canal nasal avec son ouverture 8 dans les fosses nasales.

duits lacrymaux deviennent alors insuffisants pour les emmener, l'excès s'écoule le long des joues.

3° *Les muscles*. — Le globe de l'œil peut se mouvoir dans l'orbite par l'action de *six muscles distincts* et volontaires, dont cinq sont attachés tout au fond de l'orbite, sur le pourtour du nerf optique, et se dirigent en avant pour se fixer sur la surface de l'œil. Ce sont (fig. 141):

1° Le *muscle droit supérieur*, venant du fond de l'orbite et attaché à la face supérieure de l'œil pour faire regarder vers le haut ;

2° Le *muscle droit inférieur*, placé juste au-dessous du précédent et inséré à la face inférieure de l'œil pour faire regarder vers le bas ;

3° Le *muscle droit interne*, qui fait regarder en dedans ;

4° Le *muscle droit externe* qui fait regarder en dehors; les deux internes peuvent se contracter simultanément lorsque nous fixons un objet très petit et de très près; mais il est impossible de faire contracter les deux externes à la fois; lorsque nous tournons les yeux à droite ou à gauche, c'est l'interne d'un côté qui se contracte en même temps que l'externe de l'autre œil ;

5° Le *muscle grand oblique*, qui se compose en réalité de deux parties comme le muscle digastrique. Il s'attache au fond de l'orbite avec les quatre

muscles droits précédents, suit la direction du muscle droit interne, et quand il est arrivé dans le coin interne de l'orbite, son tendon s'engage dans une sorte d'anneau fibro-cartilagineux; de là ce tendon se continue par une nouvelle lanière musculaire (C, fig. 141) qui va se fixer un peu en dehors sur la face supérieure de l'œil. Quand cette seconde partie du muscle se contracte, en prenant son point d'appui sur son anneau fibreux, elle fait tourner l'œil en

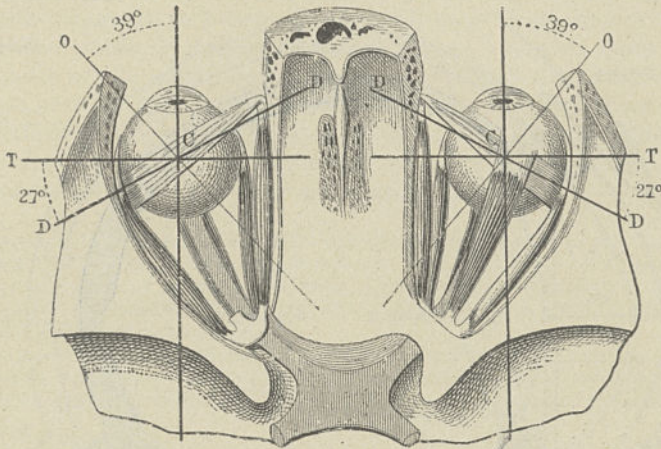


Fig. 141. — Figure schématique montrant la disposition à l'action des muscles moteurs de l'œil (LANGLOIS et DE VARIGNY, *Physiologie*).

On reconnaîtra facilement, dans l'œil de droite, par exemple, les cinq muscles moteurs qui ont leur insertion au fond de l'orbite. C'est la 2^e partie du muscle grand orbite, C, qui se fixe en éventail à la face externe de l'œil; sa 1^{re} partie s'insère au fond de l'orbite. — Le muscle petit oblique n'est pas représenté; il s'attache dans le coin interne de l'orbite, au voisinage de la 2^e partie C du grand oblique, passe sous le globe oculaire et va s'étaler en éventail à sa face supérieure.

dedans (l'œil droit tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et l'œil gauche en sens opposé);

6° Le *muscle petit oblique* s'attache dans le coin interne et antérieur de l'orbite, passe sous le globe de l'œil et se termine sur la face externe de ce dernier en face de l'insertion du grand oblique. Il est facile de voir qu'étant donnée sa direction, il fait tourner l'œil en sens inverse du grand oblique.

Les nerfs qui se rendent à ces muscles sont au nombre de trois paires. Ce sont, dans chaque œil : le *nerf pathétique*, 4^e paire crânienne, qui se rend au grand oblique; le *nerf moteur oculaire externe*, 6^e paire, qui se rend au droit externe; et le *nerf moteur oculaire commun*, 3^e paire, qui innerve tous les autres muscles.

Quant au nerf optique dont nous avons déjà parlé, il est uniquement sensoriel.

La cavité de l'orbite est limitée par sept os différents du crâne et de la face. Ce sont, en commençant par le haut et en contournant l'œil par le coin interne : le *frontal*, l'*os unguis* ou *lacrymal*, l'*ethmoïde*, le *sphénoïde*, l'*os malaire* ou de la *pommelle*, le *maxillaire supérieur* et le *palatin*.

II. — Description du globe oculaire.

La partie fondamentale de l'organe de la vision est représentée *par des cellules nerveuses qui sont excitablees par la lumière* et qui sont serrées les unes contre les autres de façon à constituer une membrane très mince, la

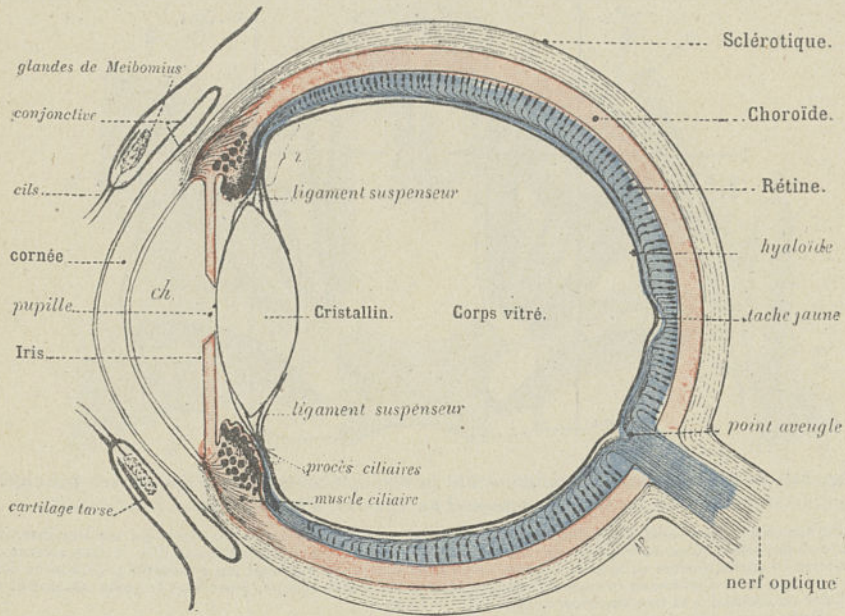


Fig. 142. — Coupe antéro-postérieure de l'œil suivant un plan horizontal.

(Les paupières sont ajoutées conventionnellement.)
ch, chambre antérieure. — *z*, zone de Zinn.

rétine, dont la forme est celle d'une petite calotte demi-sphérique n'ayant pas plus de 2 centimètres carrés et demi de surface. Toutefois les cellules nerveuses, si elles étaient seules, ne nous donneraient que de simples sensations lumineuses, sans images; aussi sont-elles accompagnées d'un système optique dont la partie essentielle est une lentille biconvexe appelée le *cristallin* qui renvoie sur la rétine les images des objets placés devant l'œil. Les cellules nerveuses rétiniennes et l'appareil optique se complètent ainsi mutuellement et font de l'œil un organe visuel relativement perfectionné.

En raison de sa délicatesse, la rétine n'est pas exposée à l'air et est protégée par deux autres membranes qui la recouvrent extérieurement, la *sclérotique* et la *choroïde*; leur ensemble forme le globe oculaire; ce sont ces trois membranes que nous allons étudier tout d'abord (fig. 142).

1° La sclérotique. — C'est une membrane blanchâtre et opaque, de nature conjonctive, ayant à peu près un millimètre d'épaisseur dans sa région postérieure et qui constitue l'enveloppe protectrice par excellence de l'œil (fig. 142); cela est tellement vrai qu'elle s'ossifie partiellement chez

les Vertébrés ovipares. C'est elle qui en raison de sa résistance particulière donne à l'œil sa forme à peu près sphérique (environ 2 centimètres et demi de diamètre).

En arrière, elle est percée pour livrer passage au nerf optique ainsi qu'à des veines et à des artères qui pénètrent plus profondément pour assurer la nutrition de l'œil.

A sa partie antérieure, la sclérotique se modifie d'une façon remarquable ; elle s'amincit, se bombe légèrement en verre de montre et devient très transparente afin de laisser passer les rayons lumineux dans l'intérieur de l'œil ; cette région ainsi modifiée s'appelle la *cornée transparente* et comprend à peu près le cinquième de la surface totale de la sclérotique. Elle est tapissée extérieurement par la *conjonctive* qui, comme nous l'avons dit, n'est pas autre chose que la peau externe qui est devenue également mince et transparente à ce niveau pour livrer passage à la lumière.

La structure de la sclérotique se modifie également dans la cornée ; ses fibres conjonctives et élastiques entrecroisées dans tous les sens, font place à des cellules très aplaties, irrégulièrement étoilées et parallèles les unes aux autres, sans vaisseaux sanguins ; par contre, on trouve de nombreux filets nerveux qui s'épanouissent entre les cellules superficielles, ainsi que l'indique la figure 129.

Sa face externe est constituée par un épithélium stratifié (E, fig. 129) ; sa face interne est formée d'un épithélium simple (*membrane de Demours*) qui se continue sur la face externe de l'iris (fig. 142) et qui sécrète l'humeur aqueuse dont nous parlerons plus loin.

2° La choroïde. — La choroïde qui est située en dedans de la sclérotique est surtout la *membrane nourricière de l'œil* ; le tissu conjonctif qui la compose renferme, en effet, de très nombreux vaisseaux sanguins enchevêtrés qui s'y résolvent en un riche réseau de capillaires pour entretenir la chaleur du globe oculaire et le nourrir.

De plus les deux faces de la choroïde sont complètement recouvertes d'un pigment noir, formé d'une multitude de granulations microscopiques d'un μ environ et animées de mouvements rapides ; l'œil se trouve par suite tout à fait comparable à une chambre noire. Chez les albinos, les granules de pigment sont incolores et l'œil a une teinte rose que lui donnent les vaisseaux sanguins vus par transparence. Chez certains Mammifères (chien, bœuf, etc.), la choroïde a une couleur différente du noir et présente souvent des reflets métallique très nets ; c'est ce qu'on appelle chez ces animaux le *tapis*.

Lorsqu'on arrache la choroïde, on la trouve composée de trois couches différentes : une couche moyenne, conjonctive, avec de nombreux vaisseaux sanguins, et deux couches périphériques, formées toutes les deux de cellules remplies de granulations pigmentaires ; celles de la face externe sont irrégulières et disposées sur plusieurs assises, celles de la face interne sont hexagonales et ne forment qu'une assise unique, figurant une sorte de mosaïque régulière. L'étude du développement de l'œil a montré que cette dernière assise, que l'on a l'habitude de décrire comme la couche interne de la choroïde, *constitue en réalité la face externe de la rétine*.

Iris. — A sa partie antérieure, lorsqu'elle arrive au voisinage de la cornée transparente, la choroïde perd sa forme sphérique et se termine par une sorte de disque vertical et circulaire appelé *l'iris*, lequel est percé d'une ouverture centrale ou *pupille*.

Ce disque troué est tout à fait comparable à un diaphragme d'appareil optique et nous verrons en effet qu'il en joue le rôle. Seulement c'est un dia-

phragme perfectionné, car il peut rétrécir ou dilater son orifice par voie réflexe et régler ainsi la quantité de lumière qui doit pénétrer dans l'œil; à cet effet, il est formé presque tout entier par une couche musculaire, dans laquelle on distingue : 1° des *fibres lisses rayonnantes* dont les contractions font dilater la pupille quand la lumière manque; 2° des *fibres lisses circulaires* qui la font rétrécir quand les rayons lumineux sont trop vifs. Ces fibres sont striées et volontaires chez les Oiseaux.

Ses deux faces sont recouvertes d'un *épithélium pigmenté* tout comme le choroïde dont il est le prolongement. Toutefois l'iris n'est pas toujours noir comme la choroïde; ses nuances sont très variables, depuis le brun noir jusqu'au bleu plus ou moins foncé; elles sont produites par l'abondance plus ou moins grande du pigment.

Quand on regarde un œil de face (fig. 140), on distingue d'abord au centre un cercle qui est toujours *noir* parce qu'il n'est pas autre chose que le fond toujours noir de la choroïde, vu par la pupille. Vient ensuite un second disque dont la couleur est variable chez les différentes personnes; c'est l'*iris* qui est vu par transparence à travers la cornée derrière laquelle il est placé. Puis enfin, en dehors de l'iris, vient ce qu'on appelle communément le *blanc de l'œil* et qui n'est pas autre chose que la sclérotique opaque que les paupières laissent partiellement à découvert.

Corps ciliaires. — La choroïde donne encore lieu à une autre formation très importante. Sur tout le pourtour de la base de l'iris et à sa face interne (fig. 142), elle se renfle en une sorte de bourrelet circulaire appelé le *corps ciliaire* ou zone choroïdienne. Ce bourrelet est formé de trois choses : 1° un *muscle ciliaire longitudinal* qui occupe la face externe du corps ciliaire et qui se dirige d'avant en arrière, pour aller prendre son point d'attache sur la sclérotique; ses contractions tirent légèrement la choroïde en avant; — 2° un *muscle ciliaire circulaire* situé en dedans du précédent et qui en se contractant rétrécit le bourrelet tout entier; — 3° plus en dedans encore, des sortes de petites pyramides blanchâtres de 2 à 3 millimètres de longueur appelées les *procès ciliaires* et placées régulièrement les unes à côté des autres; elles sont constituées par des petites saillies de la choroïde très riches en vaisseaux et capables de se gonfler sous un afflux de sang. On en compte 70 à 80. Nous verrons plus loin que c'est à l'action de ces muscles et de ces saillies vasculaires qu'Helmholtz a attribué les variations de courbure du cristallin qui permettent la vision aux différentes distances.

3° La rétine. — La rétine, membrane fondamentale de l'œil, est placée en dedans des deux précédentes; elle est à peine jaunâtre et est formée par le nerf optique qui, après avoir traversé la sclérotique et la choroïde, *s'étale en une sorte de petite coupe demi-sphérique* dont la surface totale ne dépasse pas 2 centimètres carrés et demi. Ce sont les terminaisons de ce nerf qui sont excitables par les ondes lumineuses et qui représentent par suite la partie vraiment fondamentale de l'organe de la vision.

L'ensemble formé par la rétine et le nerf optique rappelle un parapluie ouvert, avec la petite extrémité de son manche située en dehors.

Mais il est à remarquer que les fibres du nerf optique, une fois étalées pour constituer la rétine, ne se terminent pas en droite ligne, face à la cornée

transparente et à la lumière ; après qu'elles ont longé sur une plus ou moins grande étendue la face interne de la rétine, elles se recourbent toutes vers l'intérieur de façon à placer leurs extrémités au contact direct de la choroïde (fig. 142). La rétine qu'elles forment est d'ailleurs une membrane très délicate ; elle n'a pas plus d'un demi-millimètre d'épaisseur en arrière et de $1/20$ de millimètre à son bord antérieur.

L'endroit où le nerf optique s'épanouit pour devenir la rétine ne renferme aucune terminaison nerveuse et est insensible aux impressions lumineuses ; cette région s'appelle la *papille* ou *point aveugle* (*punctum cæcum*) ; elle est située un peu en dedans de l'axe antéro-postérieur de l'œil. De nombreux vaisseaux sanguins pénètrent dans l'œil à ce niveau et vont former de riches arborisations dans la rétine (2, fig. 143).

À l'extrémité même de l'axe antéro-postérieur, et par conséquent un peu en dehors du point aveugle (à 4 millim.), la rétine présente une petite dépression de couleur jaune qui ne mesure pas plus d'un millimètre carré et qui est désignée sous le nom de *tache jaune* ; son centre fortement déprimé en cupule, s'appelle la *fossette centrale* (1, fig. 143). Contrairement à la papille, la tache jaune représente la partie la plus sensible de la membrane nerveuse. C'est sur elle que les images se forment avec le maximum de netteté, et quand nous regardons un objet, nous orientons les yeux de telle sorte que l'image vienne se former exactement sur cette région. Sa coloration jaune n'apparaît qu'après la mort.

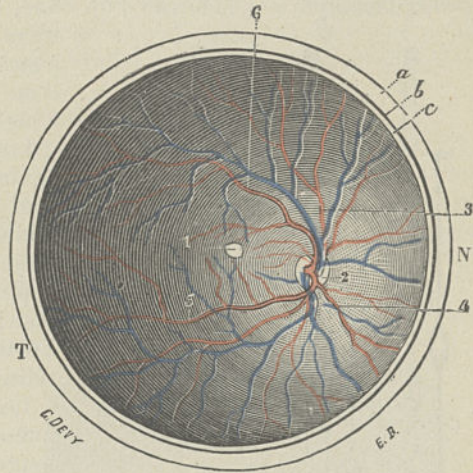


Fig. 143. — La rétine vue par sa face concave (œil droit) (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

a, sclérotique. — b, choroïde. — c, rétine. — 1, tache jaune. — 2, papille du nerf optique. — 3 et 4, artères nasales. — 5 et 6, artères temporales. — T, côté temporal. — N, côté nasal.

STRUCTURE DE LA RÉTINE. — La rétine comprend dans son épaisseur trois sortes de neurones disposés sur trois assises successives. Ce sont, en commençant par la face externe de la rétine, c'est-à-dire par celle qui est opposée à la choroïde (fig. 144) :

1° L'assise des *grosses cellules multipolaires*, dont les prolongements protoplasmiques ramifiés pénètrent dans l'intérieur de la rétine, tandis que les cylindraxes se dirigent vers l'encéphale et forment le nerf optique ;

2° L'assise des *cellules bipolaires* pourvues de deux prolongements grêles et diamétralement opposés, se terminant l'un et l'autre par un buisson d'arborisations variqueuses. Les arborisations externes s'enchevêtrent avec celles des grandes cellules multipolaires et forment une petite couche fibrillaire et granuleuse *p'* que l'on appelle le *plexus externe* ;

3° Enfin l'assise des *cellules visuelles* ou *membrane de Jacob*, se trouvent au contact immédiat de la choroïde et constituent la partie vraiment fon-

damentale de la rétine, parce qu'elles sont excitables par la lumière. Elles sont bipolaires comme les précédentes, leurs cylindraxes forment avec les arborescences voisines de la seconde assise un enchevêtrement *p* que l'on appelle le *plexus interne*. Leurs prolongements protoplasmiques sont au contact immédiat de la choroïde et plongent dans son pigment ; ils sont de deux sortes, les uns en cônes, les autres en bâtonnets (fig. 144).

Les *cellules en cône* *c* sont ainsi appelées parce que leur prolongement protoplasmique *c'* a la forme d'un cône, large et court, qui est placé directement sur le corps cellulaire ; ou plus exactement ce prolongement se compose d'un tronc de cône, surmonté d'un petit cône aminci.

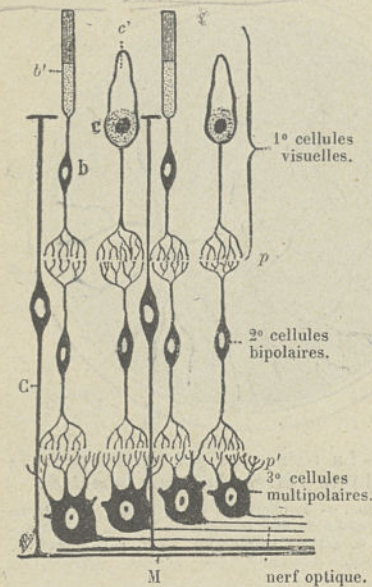


Fig. 144. — Coupe de la rétine.

b, cellule en bâtonnet avec son prolongement protoplasmique *b'*. — *c*, cellule en cône avec son prolongement protoplasmique *c'*. — *C*, grande fibre conjonctive de soutien. — *M*, membrane limitante.

Les cônes, dont la longueur est de 30 μ environ, sont incolores ou jaunâtres, et sont les éléments les plus sensibles à la lumière ; la tache jaune, qui est la région de la rétine où les images se forment avec le plus de netteté, en est entièrement formée ; on estime qu'elle en a environ 2 000. Tous les autres éléments de la rétine disparaissent à cet endroit.

Les *cellules en bâtonnet* *b* se continuent du côté de la choroïde par un prolongement protoplasmique *b'* d'abord très fin, puis qui s'élargit en un petit bâtonnet cylindrique beaucoup plus long que les cônes. Les bâtonnets ont 50 à 60 μ de long. Chaque bâtonnet est même composé de deux segments placés bout à bout : un *segment interne* finement granuleux et un *segment terminal* qui est au contact de la choroïde ; celui-ci est strié longitudinalement et coloré en rose par le *pourpre rétinien* ou *érythroopsine*. Sous l'action de la lumière ce pourpre se trans-

forme en jaune, puis en blanc, mais se régénère constamment ; on pense qu'il est engendré par le pigment noir du voisinage.

La rétine renferme encore, outre ses trois couches de neurones, d'autres éléments cellulaires de nature conjonctive qui s'étendent entre les cellules nerveuses pour leur servir de soutien et donner un peu plus de résistance à la rétine. Ce sont de grandes fibres conjonctives rectilignes *C*, à noyau volumineux (*fibres de Müller*), qui se continuent d'une part jusqu'au niveau des cellules en cône, et d'autre part jusqu'à la surface externe de la rétine où elles s'étalent pour former une sorte de membrane protectrice que l'on appelle la *membrane limitante*.

Certains auteurs ont émis l'avis que c'est dans les segments roses des bâtonnets que se fait l'impression visuelle, parce que le pourpre rétinien se décompose rapidement à la lumière comme les sels d'argent des plaques photographiques. Il faut objecter à cette manière de voir que la région la plus sensible de l'œil, la *tache jaune*, n'est constituée que par des cônes,

toujours dépourvus de pourpre, et même que chez certains animaux, tels que les serpents, la rétine est formée uniquement de cellules en cône. La lumière jaune ne décompose pas le pourpre rétinien.

4° **Milieux traversés par la lumière.** — Les rayons qui arrivent sur la cornée ont à traverser tout l'intérieur du globe oculaire pour arriver jusqu'aux cellules visuelles de la rétine qu'ils doivent impressionner. La figure 142 nous montre que pour effectuer un tel trajet ces rayons ont à franchir quatre régions différentes dont l'indice de réfraction n'est pas le même que celui de l'air et qui, dans leur ensemble, constituent le *système optique* de l'œil. Ce sont :

1° La *cornée transparente* qui a été étudiée précédemment ;

2° La *chambre antérieure* de l'œil, petit intervalle de 2 millimètres et demi environ qui est compris entre la cornée et l'iris. Elle est remplie par un liquide limpide et transparent, l'*humeur aqueuse*, qui n'est guère que de l'eau avec des traces de substances minérales et d'albumine ;

3° Le *cristallin*, qui est une lentille

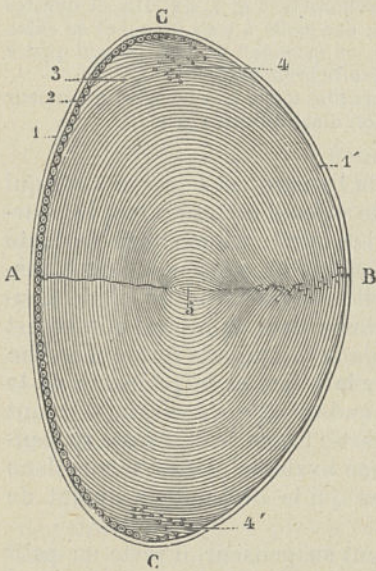


Fig. 145. — Section méridienne du cristallin (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, face antérieure. — B, face postérieure. — 1, cristalloïde antérieure. — 1', cristalloïde postérieure. — 2, couche épithéliale. — 3, masse des fibres. — 4, noyaux des fibres. — 5, noyau du cristallin.

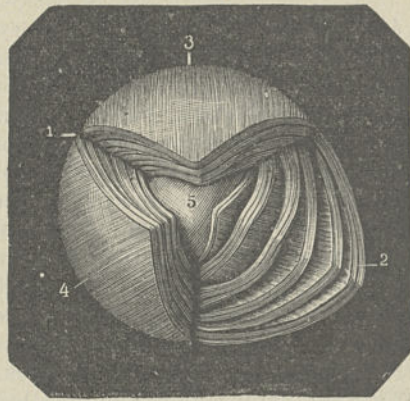


Fig. 146. — Cristallin vu par sa face postérieure et sectionné partiellement selon les trois rayons de l'étoile (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, un des rayons de l'étoile. — 2, un segment du cristallin décomposé en lamelles. — 3, 4, deux autres segments intacts. — 5, noyau.

biconvexe et transparente, mesurant environ 9 millimètres de diamètre avec 4 à 6 millimètres d'épaisseur à son centre ; sa face postérieure est un peu plus renflée que l'autre. Il est placé juste derrière l'iris auquel il est adjacent et ferme ainsi complètement la chambre antérieure (fig. 142 et 145).

Il est maintenu en place par une membrane fibreuse, le *ligament suspenseur* ou zone de Zinn, qui s'insère d'une part sur tout son pourtour, à sa face antérieure, et qui se continue d'autre part avec le bord de la membrane *hyaloïde* dont nous parlerons plus loin.

Il est essentiellement formé de longues fibres transparentes et élastiques,

disposées en couches concentriques à la façon des feuilles épaisses d'un oignon. La cataracte provient de l'opacité accidentelle de ces fibres, mais il est possible d'extraire le noyau opaque en fendant la membrane qui recouvre la face externe du cristallin (membrane cristalloïde), et si cette dernière a été laissée en place, elle se cicatrise et régénère un nouveau cristallin transparent (fig. 146).

Le cristallin est recouvert sur ses deux faces par une membrane mince, mais très solide, appelée la *cristalloïde* (1 et 1', fig. 145) ; c'est une membrane anhyste, c'est-à-dire qui ne renferme pas d'éléments cellulaires de forme quelconque et qui est comparable, si l'on veut, à de la gélatine durcie. La cristalloïde antérieure est doublée intérieurement d'une assise épithéliale (2) qui est intéressante à considérer parce que ce sont ces cellules qui, en se multipliant et s'allongeant, forment les fibres transparentes du cristallin et assurent la régénération de ce dernier après l'opération de la cataracte.

Quant aux fibres (les unes à noyau et les autres sans noyau), non seulement elles sont emboîtées les unes dans les autres, mais quand on regarde le cristallin de face, on reconnaît qu'elles présentent généralement trois directions (2, 3 et 4, fig. 146) et que les trois groupes de fibres laissent entre elles, au centre, une étoile à trois branches de substance amorphe. Sur la face postérieure du cristallin, on reconnaît le plus souvent quatre groupes de fibres, laissant entre elles une étoile à quatre branches.

Ajoutons que la substance du cristallin est toujours plus molle à la périphérie (humeur de Morgagni) ; mais il est bien possible qu'il n'en soit ainsi qu'après la mort.

4° Enfin, le dernier milieu traversé par la lumière est le *corps vitré* qui occupe le large espace limité en avant par le cristallin et sur tout le pourtour par la rétine ; à lui seul il représente les quatre cinquièmes de toute la cavité du globe oculaire. Il est formé d'un liquide gélatineux très transparent, de nature albuminoïde, que l'on appelle encore l'*humeur vitrée*. Toutefois cette substance n'est pas en contact direct avec la rétine ; elle en est séparée par une membrane très mince, la *hyaloïde*, qui a la forme d'un sac complètement clos et exactement moulé sur la rétine et le pourtour de la face postérieure du cristallin ; à ce dernier endroit elle s'épaissit, donnant ce qu'on appelle la zone de Zinn, dont une partie forme le *ligament suspenseur* dont nous avons déjà parlé ; la membrane hyaloïde envoie même dans le corps vitré de nombreux replis irréguliers qui le divisent en autant de petites loges incomplètement fermées.

Entre la membrane hyaloïde et le ligament suspenseur, il reste un petit intervalle circulaire juste sur le pourtour du cristallin : on l'appelle le canal de Petit.

DÉVELOPPEMENT DE L'ORIL. — La rétine et le cristallin sont des productions de l'ectoderme de l'embryon au même titre que le système nerveux (fig. 147).

Le plus antérieur des cinq cerveaux primitifs envoie, à droite et à gauche, une dilatation *d* ou *vésicule optique primitive* avec laquelle il reste en communication par un pédicule creux. Puis la paroi antérieure de chaque vésicule s'aplatit et se déprime progressivement en dedans de façon à s'accoler à la paroi postérieure et à former une sorte de coupe à double paroi qui ne sera pas autre chose que la rétine (fig. 147).

La paroi inférieure de la coupe, tournée vers le dehors, s'épaissit et devient la rétine proprement dite avec ses trois assises de neurones ; l'autre paroi *p'* reste mince, conserve une seule assise de cellules et devient la couche pigmentaire qui tapisse la face interne de la choroïde, mais qui, en réalité, fait partie de la rétine ainsi que le montre ici son développement.

Quant au pédicule *p* il perd sa lumière et devient le nerf optique, qui continue ainsi à relier la rétine au cerveau.

Le cristallin se forme en avant de la rétine aux dépens de l'ectoderme. Celui-ci prolifère très activement en face de la vésicule optique et forme une grosse saillie *Cr* qui finit

par se détacher de l'ectoderme ; cette saillie s'isole ainsi à l'entrée de la cupule représentant la future rétine et devient le cristallin.

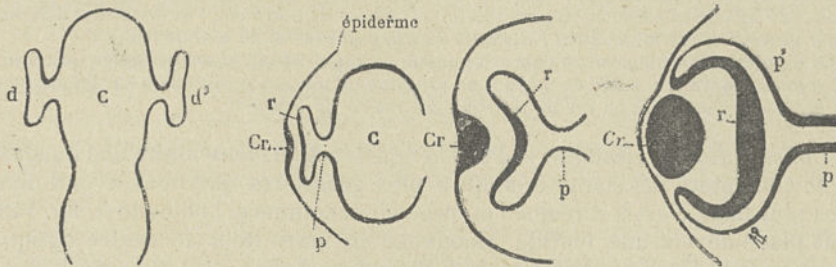


Fig. 147. — Développement du cristallin et de la rétine.

d et *d'*, les deux diverticules primitifs formés par le cerveau antérieur C et qui deviendront les deux rétines. — Cr, cristallin. — r, rétine. — p, pédicule qui relie la vésicule cérébrale C à la rétine. — p', feuillet externe de la rétine qui devient la couche pigmentée tapissant la face interne de la choroïde.

La sclérotique et la choroïde se forment aux dépens du tissu conjonctif environnant.

III. — Fonctionnement de l'œil.

§ 1. Formation des images renversées au fond de l'œil. — Soit un objet *ab* placé à une certaine distance devant l'œil. La figure 142 nous montre que les rayons lumineux partis du point *a* doivent, pour arriver jusqu'à la rétine, traverser les quatre milieux transparents que nous venons de décrire, *cornée transparente*, *humeur aqueuse* de la chambre antérieure, *cristallin* et *humeur vitrée* de la chambre postérieure. Or comme ces différents milieux possèdent chacun un indice de réfraction supérieur à celui de l'air, les rayons lumineux qui les traversent s'y brisent successivement, surtout en traversant le cristallin qui possède l'indice de réfraction le plus élevé.

Leur ensemble constitue un système optique convergent très complexe.

En effet : 1° la cornée et l'humeur aqueuse ayant respectivement un indice de réfraction un peu plus grand que celui de l'air (1,337), leur ensemble représente un milieu réfringent ou *dioptré* qui *rapproche* les rayons de la normale au point d'incidence ; — 2° le cristallin qui vient ensuite est composé de couches successives, non homogènes, dont la réfringence, supérieure à celle de l'humeur aqueuse et de l'humeur vitrée, croît progressivement de 1,40 à la périphérie jusqu'à 1,45 dans les parties centrales ; les rayons qui passent de l'humeur aqueuse dans la face *convexe et plus réfringente* du cristallin se rapprochent encore de la normale ; — 3° enfin, en quittant la face *concave* du cristallin pour repasser dans l'humeur vitrée qui est *moins réfringente* (1,339), les rayons se brisent de nouveau en *s'éloignant* cette fois de la normale et se rapprochent par conséquent encore de l'axe de l'œil.

Les trois dioptrés qui constituent l'œil sont donc convergents. En se contentant d'une grossière approximation, on a établi que la déviation qu'ils produisent est la même que celle que donnerait un cristallin unique dont l'indice de réfraction aurait une valeur sensiblement moyenne (1,40) entre celles de ces trois dioptrés et dont le *centre optique* serait en O', un peu en arrière du centre optique O du cristallin véritable.

Pour les mesures plus précises, on accepte généralement aujourd'hui les données de Donders. Cet auteur a calculé que le système optique complexe de l'œil peut être remplacé, pour les effets qu'il produit, par un milieu réfringent unique ou dioptré qui serait une lentille biconvexe ayant les caractéristiques suivantes : *rayon de courbure*, 5 millimètres ; *distance focale antérieure*, 15 millimètres ; *distance focale postérieure*, 20 millimètres.

Ce dioptré serait placé entre l'air et l'humeur vitrée et aurait le même indice de réfraction que cette dernière, 1,339, de façon à ne produire qu'une seule réfraction sur les rayons. Ces données constituent ce qu'on appelle l'*œil réduit de Donders*.

Construction des images. — Pour la construction élémentaire des images, on se contentera des caractéristiques plus grossières que nous avons données plus haut, c'est-à-dire que l'on procédera comme si l'objet ab (I. fig. 148) était placé devant une lentille biconvexe en verre dont le centre optique serait en O' et l'indice de réfraction 1,40, et l'on dira :

Parmi les rayons partis au point a il y en a au moins un qui est parallèle

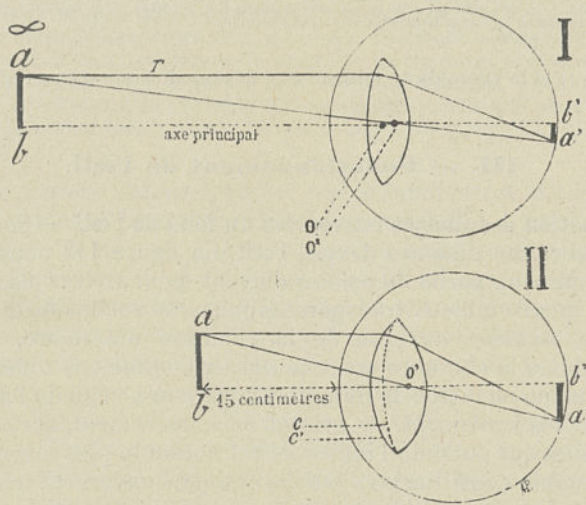


Fig. 148. — Formation des images.

I. — O , centre optique du cristallin. — O' , centre optique d'un cristallin possédant le même pouvoir de réfraction que l'ensemble des milieux de l'œil. — r , rayon parallèle à l'axe principal. — II. — c , courbure normale du cristallin dans la vision aux grandes distances. — c' , sa courbure dans l'accommodation.

à l'axe principal et qui, après s'être réfracté à son entrée et à sa sortie de la lentille, se continue de l'autre côté en passant par le foyer F .

Parmi les mêmes rayons, il y en a aussi au moins un qui passe par le centre optique O' et qui jouit par suite de la propriété de traverser la lentille sans subir de déviation appréciable ; il en sort avec la même direction qu'il avait en entrant et va rencontrer le rayon parallèle à l'axe en un point a' , qui est l'image du point a . On trouverait de même que l'image du point b se forme en b' et que l'image toute entière de l'objet ab placé devant l'œil se forme en $a'b'$; elle est réelle. Or, quand l'œil est normalement constitué, cette image $a'b'$ se forme juste sur la rétine, où elle détermine une excitation particulière que le nerf optique conduit au cerveau et à la suite de laquelle l'image est perçue par ce dernier.

Deux expériences permettent de démontrer la formation d'images sur la rétine :

1° On examine l'œil d'un lapin albinos; l'absence de pigment dans la choroïde le laisse parfaitement transparent et permet de constater que les objets placés devant l'œil forment leur image renversée au fond de ce dernier ;

2° On prend un œil volumineux (œil de bœuf) et on le place devant une bougie, après avoir rendu sa face postérieure transparente en grattant la sclérotique et la choroïde en arrière; en regardant ensuite par derrière, on voit très distinctement sur le fond de l'œil l'image renversée de la bougie (*Expérience de Magendie*). Pour faire l'expérience, on peut encore disposer l'œil dans la chambre noire d'un appareil photographique après en avoir enlevé l'objectif.

L'ensemble de l'œil est par suite tout à fait comparable à un appareil photographique : le cristallin en est la *lentille*, l'espace occupé par l'humeur vitrée en est la *chambre noire* et la rétine représente l'*écran* sur lequel se forment les images renversées et réelles des objets.

§ 2. **Explication de la vision droite des objets.** — Les images se forment *renversées* sur la rétine et nous voyons les objets droits. Helmholtz a expliqué le fait en disant que nous rapportons nos impressions non à l'image rétinienne, mais à l'objet même qui envoie ses rayons à l'œil. Le jeune enfant qui regarde un objet étend la main pour se rendre compte de l'endroit où il se trouve et il prend l'habitude de projeter dans l'espace l'image formée sur sa rétine. En d'autres termes, il fait refaire aux rayons lumineux qui frappent l'œil un chemin inverse de celui qu'ils ont suivi pour arriver à la rétine, en reportant ainsi chaque impression à son point de départ.

Cette interprétation est confirmée par les observations faites sur les aveugles-nés atteints de cataracte et opérés à un âge avancé. Une fois opérés, ils ne reconnaissent pas directement par la vue la forme des objets; ils sont éblouis; il leur semble *toucher* les objets avec les yeux; puis, comme les jeunes enfants, il se servent du toucher pour se rendre compte des choses, et quand ils ont noté les impressions qu'ils éprouvent, ils finissent par localiser dans l'espace l'image formée sur la rétine.

§ 3. **Tache jaune et point aveugle. Expérience de Mariotte.** — Les différentes régions de la rétine ne sont pas également sensibles à la lumière :

La partie la plus sensible est la *tache jaune* qui occupe une surface d'environ un millimètre carré à l'extrémité de l'axe antéro-postérieur du globe oculaire (I, fig. 143) et qui comme nous l'avons vu, n'est formée absolument que de cellules en cône. Instinctivement nous dirigeons toujours l'œil de façon que les images viennent se former exactement à l'extrémité de ce diamètre.

La très faible étendue de cette région particulièrement sensible, explique que nous ne pouvons pas lire plus de deux ou trois mots à la fois.

La sensibilité de la rétine diminue progressivement depuis sa tache jaune jusqu'à son bord antérieur, et il est à remarquer que les cônes et les bâtonnets deviennent précisément moins nombreux et font place à davantage de tissu conjonctif à mesure qu'on approche du bord de la rétine.

Inversement le *punctum cæcum*, point où le nerf optique s'étale à la surface de la rétine (2 fig. 143) est absolument insensible, et comme il ne renferme ni cônes, ni bâtonnets, mais seulement des fibres nerveuses, il faut en conclure que celles-ci ne sont pas des éléments impressionnables.

On démontre l'existence du *point aveugle* par l'*expérience de Mariotte* : sur une feuille de papier noir on trace deux taches blanches de formes différentes, par exemple un cercle et une petite croix placés à cinq centimètres de distance, la croix à droite du cercle.

On ferme l'œil droit et on regarde la petite croix avec l'œil gauche, en

plaçant la feuille de papier à une distance de 20 centimètres environ, de façon qu'elle soit nettement visible (fig. 149). Dans ces conditions on voit également le cercle blanc, quoique un peu indistinctement. Puis si on éloigne lentement la feuille de papier tout en continuant à regarder la croix, il arrivera un moment (à 25 centimètres environ) où le grand cercle blanc, qui était resté visible jusqu'alors, disparaîtra complètement. C'est que son image se forme alors exactement sur le *point aveugle* situé, comme on l'a dit, un



Fig. 149. — Expérience de Mariotte.

peu en dedans de l'axe antéro-postérieur. Si l'on continue à éloigner la feuille de papier, le cercle reparaît.

§ 4. **Accommodation de la vision.** — On sait que dans les lentilles biconvexes il existe une relation entre la distance de l'image à la lentille et celle de l'objet à la même lentille, et que, d'une manière générale, si l'objet se rapproche, l'image s'éloigne de l'autre côté et inversement.

Or les différents milieux réfringents de l'œil ne sont pas absolument comparables à une lentille fixe en verre, car nous voyons nettement des objets situés à des distances très variables, ce qui indique qu'ils viennent toujours former leur image exactement sur la rétine.

Cette dernière reste cependant fixe ainsi que l'axe antéro-postérieur de l'œil et c'est le cristallin qui modifie à chaque instant sa courbure antérieure de façon à amener toujours l'image sur la rétine. On dit que l'œil a la propriété de *s'adapter* ou de *s'accommoder* pour la vision aux différentes distances. L'œil normal est qualifié d'*œil emmétrope*. Pour voir les différentes modifications du cristallin au cours de la vision, nous considérerons trois cas principaux :

1^o Supposons un objet *ab* placé à l'infini ou à une distance comprise entre l'infini et 60 ou 65 mètres, et envoyant à l'œil suffisamment de rayons lumineux pour qu'il soit visible (I, fig. 148). Dans ces conditions, les muscles ciliaires sont au repos et le cristallin est aplati au maximum; c'est sa position de repos; elle correspond à sa plus grande distance focale et le rayon de courbure de sa face antérieure atteint lui-même son maximum qui est de 11 à 12 millimètres.

L'image se fait alors très exactement sur la rétine, sans aucun travail particulier de l'œil, et on dit que celui-ci *est accommodé normalement pour la vision aux grandes distances*. Les rayons reçus par l'œil dans ces conditions étant sensiblement parallèles, le point où ils convergent est le *foyer princi-*

pal du système optique oculaire et ce foyer se trouve coïncider par conséquent avec la tache jaune sur laquelle vient toujours se former l'image.

2° Supposons que l'objet *ab*, placé tout à l'heure de 60 à 65 mètres, se rapproche de l'œil. Son image tend alors à s'éloigner et à se former plus loin en arrière de la rétine conformément aux lois de l'optique; mais le cristallin bombe alors progressivement sa face antérieure, c'est-à-dire qu'il augmente sa convergence de façon à rapprocher l'image et à la maintenir toujours sur la rétine; on dit pour cela que *l'œil accommode* pour la vision aux distances inférieures à 60 ou 65 mètres; sa courbure antérieure passe de *c* en *c'* (fig. 148).

3° Quand l'objet n'est plus qu'à une distance de 15 centimètres environ, l'image rétinienne est encore nette; mais si cette distance continue à

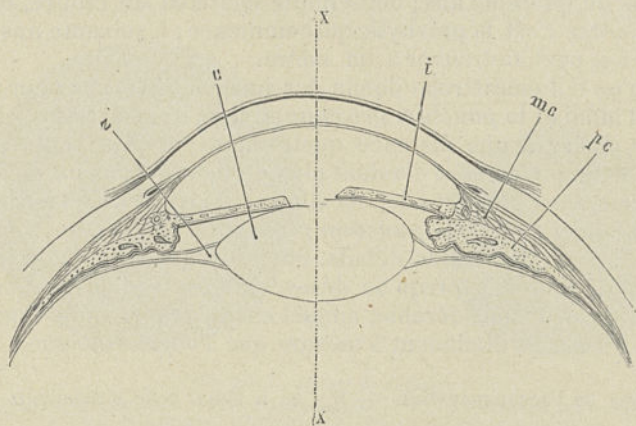


Fig. 150. — Mécanisme de l'accommodation oculaire. Dans la moitié gauche de la figure, le cristallin aplati est accommodé pour la vision des objets éloignés. Dans la moitié droite, le cristallin, par suite de la contraction du muscle ciliaire et du relâchement du ligament suspenseur, se bombe fortement en avant en repoussant l'iris (Théorie d'Helmholtz); il est accommodé pour la vision des objets rapprochés.

mc, muscle ciliaire. — *pc*, procès ciliaires. — *i*, iris. — *c*, cristallin. — *s*, ligament suspenseur.
xx, axe antéro-postérieur.

décroître, il se trouve que le cristallin n'est plus capable de se renfler davantage et se comporte dorénavant comme une lentille fixe en verre; de telle sorte que si la distance de l'objet diminue encore, l'image se forme plus loin derrière la rétine *et n'est plus perçue nettement*. Cette distance de 15 centimètres au-dessous de laquelle la vision n'est plus nette représente la *distance minima de la vision distincte*. Le point où se trouve alors l'objet s'appelle le *punctum proximum*; c'est le point en deçà duquel l'œil ne peut plus accommoder.

On appelle *punctum remotum* le point à partir duquel l'œil commence à accommoder. Pour l'œil normal il est à l'infini; mais en réalité il n'y a pas de modification appréciable dans le cristallin pour la vision de l'infini à 60 ou 65 mètres environ; ce n'est qu'à partir de cette dernière limite que l'accommodation se manifeste nettement.

En résumé, les images se forment naturellement sur la rétine *sans aucun travail d'accommodation* lorsque les objets sont situés de l'infini à 60 ou

65 mètres ; le cristallin est alors aplati au maximum. Puis à mesure que l'objet se rapproche de 60 mètres à 15 centimètres environ, *l'œil accommode en bombant progressivement la face antérieure du cristallin* et continue à donner des images nettes sur la rétine. Enfin, en deçà de 15 centimètres, le cristallin ne se modifie plus et donne des images sans netteté parce qu'elles se forment au delà de la rétine.

L'œil emmétrope voit donc distinctement de l'infini à une distance de 15 centimètres qui représente l'emplacement du *punctum proximum*. Celui-ci est d'ailleurs loin d'être fixe ; il est un peu différent chez les personnes du même âge et il varie beaucoup avec l'âge chez un même individu : il est à 7 centimètres de l'œil chez un jeune enfant ; vers dix ou douze ans il est à 10 centimètres ; il est à 14 centimètres à l'âge de trente ans et à 25 centimètres aux environs de quarante ans ; cette limite continue de croître, et au delà de 25 centimètres c'est la presbytie qui commence ; à soixante ans, le *punctum proximum* peut se trouver à un mètre.

De ce qu'un œil emmétrope donne des images *distinctes* pour tout objet placé entre l'infini et le *punctum proximum*, il ne s'ensuit pas qu'il est indifférent de le placer à une distance quelconque comprise entre ces deux limites. On distingue en effet d'autant plus de détails dans un objet que son image rétinienne est plus grande, et celle-ci atteint naturellement son maximum quand l'objet occupe le *punctum proximum* ; c'est là qu'il faut placer l'objet pour en voir le plus de détails, et c'est toujours là qu'on le place en réalité, excepté toutefois lorsqu'on désire embrasser d'un seul coup d'œil une surface un peu considérable, auquel cas la grandeur de l'image et la perception des détails diminuent à mesure que l'objet s'éloigne.

§ 5. Théories de l'accommodation. — Il y en a deux, celle d'Helmholtz et celle de Tscherning.

1^o Helmholtz a émis l'hypothèse qu'au moment de l'accommodation le muscle ciliaire radiaire se contracte et tire la choroïde en avant ; dans ce mouvement le ligament suspenseur, inséré sur tout le pourtour du cristallin se relâche ; le cristallin à son tour étant moins tiré sur ses bords et obéissant à son élasticité *tend à reprendre sa forme sphérique normale* et se bombe. Pour Helmholtz il n'y a que le muscle ciliaire radiaire qui entre en action, le muscle circulaire est tout à fait secondaire. Un autre physiologiste, Rouget, de Montpellier, a prétendu de son côté que les fibres circulaires se contractent également et pressent sur le pourtour externe des pyramides sanguines ou *procès ciliaires*, dont l'autre extrémité se gonfle alors de sang ; celle-ci comprimerait à son tour la périphérie du cristallin et ferait bomber son centre. Cette hypothèse de Rouget doit être abandonnée parce que les procès ciliaires ne touchent pas le cristallin.

2^o Tscherning objecte tout d'abord à la théorie précédente qu'il est inexact de considérer la forme normale du cristallin comme à peu près sphérique, car il est loin de réaliser une telle forme une fois qu'il est sorti de l'œil ; en second lieu l'observation directe montre que si on exerce une traction uniforme sur le ligament suspenseur, le cristallin, *au lieu de s'aplatir* comme le voudrait Helmholtz, se bombe au contraire très notablement en son milieu. Tscherning a montré en effet que le cristallin se compose d'un noyau central dur *n* (fig. 131) fortement bombé et entouré d'une couche pariétale molle et facilement déformable, qui est la *partie accommodative*.

Pour lui, au moment de l'accommodation, quand le muscle ciliaire longitudinal tire la choroïde en avant, le ligament suspenseur *exerce de son côté une traction sur tout le pourtour du cristallin* ; les bords de celui-ci s'aplatissent et sa partie pariétale déformable se

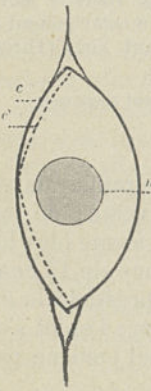


Fig. 131.

c, courbure du cristallin au repos. — c', sa courbure pendant l'accommodation. — n, son noyau central.

moule sur le noyau dur n dont elle épouse la courbure antérieure, faisant ainsi une lentille c' plus bombée qu'auparavant.

Tscherning explique également pourquoi la distance du *punctum proximum* augmente avec l'âge : c'est que le noyau central augmenterait progressivement de volume avec l'âge, et par conséquent la face antérieure du cristallin se trouverait de moins en moins convexe une fois appliquée sur la face antérieure de ce noyau au cours de l'accommodation.

§ 6. — **Changement de courbure du cristallin pendant l'accommodation.** — Dans le phénomène de l'accommodation, c'est la face antérieure du cristallin seule qui a la propriété de se bomber davantage ou de s'aplatir, selon que l'objet se rapproche ou s'éloigne (fig. 150). On le démontre par l'expérience de Purkinje (fig. 152).

On place une bougie devant l'œil d'une personne dans l'obscurité et on distingue alors dans cet œil trois images différentes : 1^o une antérieure e droite, formée par la cornée qui se comporte comme un miroir convexe : 2^o une moyenne a droite, formée par la face antérieure du cristallin qui agit également à la façon d'un miroir convexe, et 3^o une postérieure k ren-

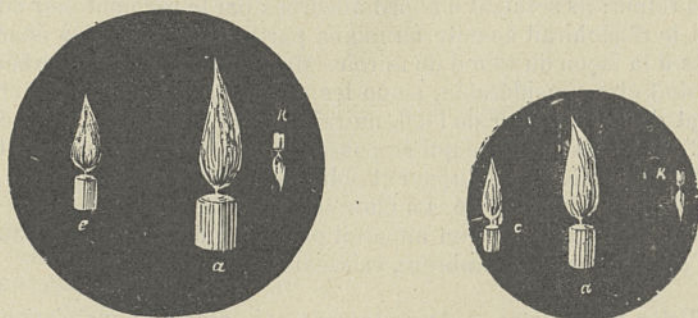


Fig. 152. — Images de Purkinje.

A gauche, vision éloignée ; à droite, vision rapprochée. — e , image fournie par la cornée. — a , image cristallinienne antérieure. — k , image cristallinienne postérieure.

versée, formée par la partie postérieure du cristallin qui joue le rôle d'un miroir concave.

La personne sur laquelle on expérimente regarde d'abord un objet très éloigné, son œil et la bougie restent fixes et on observe les trois images dont nous venons de parler. Puis au bout de quelques minutes on lui fait regarder un objet beaucoup plus rapproché et situé dans la même direction ; on constate alors que les deux images extrêmes n'ont pas changé, tandis que la moyenne a formée par la face antérieure du cristallin, a diminué de longueur d'une manière très nettement sensible. En se basant sur les propriétés des miroirs convexes on en conclut que cette face antérieure du cristallin a augmenté de courbure, c'est-à-dire qu'elle s'est bombée davantage et est devenue plus convergente¹. Son rayon de courbure qui était de 11^{mm},9 pour l'infini, peut tomber à 8^{mm},6 pour la vision rapprochée ; l'épaisseur de la lentille augmente dans ces conditions d'un demi-millimètre (fig. 150).

§ 7. **Rôle de l'iris.** — L'iris a une double fonction : il supprime l'*aberration de sphéricité* et règle la *quantité de lumière* qui pénètre dans l'intérieur de l'œil. On sait que les rayons lumineux qui tombent sur les bords d'une lentille ne convergent pas au même point que ceux qui traversent sa région centrale et s'opposent ainsi à la formation d'images nettes. C'est ce qu'on appelle l'*aberration de sphéricité*. Dans les appareils d'optique on y remédie par l'emploi de lentilles particulières, dites *aplanétiques*, ou bien on arrête les rayons marginaux à l'aide d'un diaphragme : l'iris joue exactement le

¹ En réalité les deux autres images se sont un peu modifiées à cause du changement de distance ; la face postérieure du cristallin ne reste pas non plus absolument fixe. D'ailleurs il se forme théoriquement sept images dans cette expérience.

même rôle que ce dernier en ne laissant passer que les rayons centraux par la pupille.

En second lieu il règle la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil, en rétrécissant ou en dilatant la pupille à l'aide de ses fibres circulaires ou de ses fibres rayonnantes. C'est ainsi qu'à la lumière très vive, les fibres circulaires se contractent par voie réflexe et diminuent l'ouverture de la pupille, ce qui réduit la quantité de rayons lumineux; le contraire se produit au crépuscule.

Les objets nous apparaissent quelquefois avec des bords colorés; c'est de l'*aberration chromatique* due à l'inégale réfrangibilité des différentes radiations.

§ 8. **Rôle de la choroïde.** — Les rayons lumineux n'exciteraient pas directement la rétine; ils seraient d'abord absorbés par le pigment noir de la choroïde qui le réfléchirait ensuite au moins partiellement, sur les cônes et les bâtonnets à la façon du tain d'un miroir. Mais la proportion absorbée par le pigment doit être considérable, sinon les rayons, s'ils étaient réfléchis intégralement dans l'intérieur de l'œil, nuiraient certainement à la netteté de la vision. C'est précisément ce qui se passe chez les albinos, qui sont toujours éblouis par la lumière vive du jour et obligés de fermer les paupières à cause du manque de pigment foncé. La choroïde ne peut donc être mieux comparée qu'à la chambre noire d'un appareil photographique. Elle réchauffe également l'œil par ses très nombreux vaisseaux sanguins.

§ 9. **Vision binoculaire.** — Dans tout ce qui précède, nous n'avons considéré la formation des images que dans un seul œil, alors que les deux yeux fonctionnent simultanément. *Chacun d'eux forme son image rétinienne*, et cependant les objets ne sont pas vus en double, ce qui prouve que les impressions produites par les deux images se superposent dans le centre visuel du cerveau (fig. 114); leur superposition est sans doute facilitée par le fait que chaque nerf optique envoie une partie de ses fibres au nerf optique voisin.

D'autre part, en raison de la distance qui les sépare, les deux yeux ne voient pas exactement de la même façon les corps présentant une certaine épaisseur, tandis que les figures absolument planes leur paraissent identiques; il suffit de regarder un cube ou une pyramide successivement avec chacun des yeux pour se convaincre que les images d'un même objet sont différentes dans les deux yeux; or, la superposition dans le cerveau des deux impressions fournies par ces deux images différentes est nécessaire pour nous donner la *notion du relief*. Comme les deux images rétinienne diffèrent d'autant moins que les objets sont plus éloignés, la sensation du relief est très atténuée par exemple pour les nuages ou les montagnes situées dans le lointain.

La vision binoculaire est également nécessaire pour l'appréciation des distances, quelque peu précise que soit cette dernière.

Le *stéréoscope* est un appareil qui donne la sensation du relief à l'aide de figures planes convenablement dessinées. Supposons deux dessins d'un paysage, l'un le représentant vu de l'œil droit, l'autre vu de l'œil gauche; on les place l'un à côté de l'autre et on les regarde tous les deux avec l'œil correspondant: pour une certaine distance les deux images se confondent,

c'est-à-dire qu'elles produisent au cerveau une impression unique avec sensation du relief. Les deux images différentes s'obtiennent aujourd'hui par la photographie.

§ 10. **Anomalies de la vision.** — Elles sont au nombre de quatre principales : l'*hypermétropie*, la *myopie*, la *presbytie* et l'*astigmatisme*.

1° Un œil *hypermétrope*¹ est un œil mal constitué et il y a deux causes possibles : l'axe antéro-postérieur du globe oculaire est plus court que celui de l'œil ordinaire et les courbures du cristallin sont normales (*hypermétropie axiale*); ou bien l'axe étant de longueur normale, c'est le cristallin qui est trop aplati; sa distance focale est trop grande et son foyer se trouve en *ab*, (fig. 153) en arrière de la rétine (*hypermétropie de courbure*).

D'après cela, soit H la rétine hypermétrope et N la place qu'elle devrait occuper si elle était normale. Soit AB un objet placé à l'infini ou à une distance maxima de 65 mètres environ (fig. 153). Son image tend à se former renversée en *ab* là où devait être la rétine normale N, c'est-à-dire en arrière de la rétine hypermétrope. Pour la rapprocher et l'amener juste sur la rétine hypermétrope en *a'b'*, il faut que le cristallin devienne plus convergent et les *muscles ciliaires* entrent alors en jeu pour faire l'*accommodation*, tandis que l'œil normal verrait naturellement cet objet de l'infini à 65 mètres sans accommoder.

Or, si l'hypermétrope accommode déjà pour les grandes distances, il en résulte naturellement que le cristallin a atteint son maximum de convergence plus tôt que dans le cas de l'œil normal, par exemple quand l'objet se trouve à 50 centimètres de la cornée, et dans tous les cas quand il se trouve à une distance $d > 0^m,15$. La *distance minima de la vision distincte* de l'hypermétrope est donc plus grande que la normale.

En résumé, l'hypermétrope voit *avec accommodation* depuis l'infini jusqu'à une certaine distance $d > 15$ centimètres. Il lit de loin; pour lire à la distance ordinaire, il faut qu'il augmente davantage encore la convergence de son système optique en employant des lunettes à verres biconvexes. Elles ne lui sont pas *indispensables* pour la vision aux grandes distances, mais elles ont l'avantage de supprimer la fatigue due à l'accommodation.

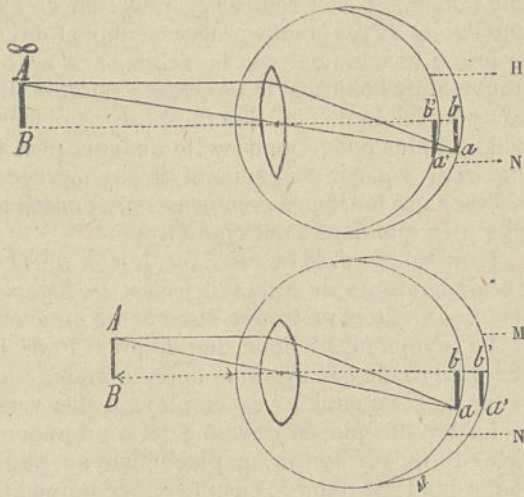


Fig. 153. — Formation des images dans l'œil hypermétrope (figure supérieure) et dans l'œil myope (figure inférieure).

¹ *Huper*, au delà; *métron*, mesure; *ops*, œil.

2° La *myopie*¹ provient également d'une mauvaise conformation de l'œil : Il y en a de deux espèces : dans la première les courbures du cristallin sont normales et le diamètre antéro-postérieur du globe oculaire est trop long (*myopie axiale*); dans la seconde, le diamètre est normal, mais le cristallin est trop bombé (*myopie de courbure*), c'est-à-dire que le système optique est trop convergent et a son foyer en *ab* (II, fig. 153) en avant de la rétine myope M; en d'autres termes la rétine se trouve être en arrière du plan focal. L'œil myope que l'on appelle encore *œil brachymétrope*², parce qu'il ne voit que de près, paraît généralement plus globuleux et plus bombé que l'œil normal.

D'après cela, soit M la position de la rétine d'un œil atteint de myopie axiale, N celle qu'elle occuperait si l'œil était normal et AB un objet placé à une assez grande distance de l'œil (II, fig. 153).

L'image de AB tendra à se former renversée en *ab*, là où devrait se trouver la rétine normale et par conséquent *en avant* de la rétine myope; pour que l'image *ab* soit repoussée plus loin en *a'b'* sur la rétine myope, il suffit que l'objet se rapproche progressivement de l'œil, et à un moment donné elle se forme exactement sur la rétine sans accommodation. Le point *p* où se trouve alors l'objet est le *punctum remotum*. Il se trouve à une distance d'autant plus faible de l'œil que la rétine est placée plus en arrière ou que le cristallin est plus convergent; cette distance peut être parfois inférieure à 10 centimètres; à partir de ce point le myope accommode jusqu'à une certaine distance qui marque son *punctum proximum*; celui-ci est toujours beaucoup plus près que dans l'œil emmétrope.

Le résultat est le même dans le cas de la myopie produite par une trop grande courbure du cristallin; c'est le foyer qui, cette fois, n'est pas à sa place normale et se trouve être encore en avant de la rétine.

Le myope ne lit donc que de près. Pour lire à la distance ordinaire, il faut qu'il rende son système optique moins convergent relativement à la longueur de l'axe oculaire en employant des verres *divergents* ou biconcaves.

La lentille placée devant l'œil a un pouvoir divergent tel que l'image virtuelle qu'elle forme se place juste au *punctum remotum*, et c'est cette image que l'œil regarde ensuite en accommodant depuis le *punctum remotum* jusqu'au *punctum proximum*. Le verre se place à 15 millimètres environ de la cornée et coïncide à peu près avec le foyer antérieur du cristallin.

Depuis quelques années on réussit à guérir des myopies très accusées en extirpant tout simplement le cristallin; on diminue ainsi le degré de convergence de l'ensemble des milieux de l'œil qui, à la suite de cette opération, devient généralement hypermétrope.

3° La *presbytie* (*presbus*, vieillard) est une affection qui n'atteint que les personnes âgées. Le muscle ciliaire servant à l'accommodation se fatigue avec l'âge et perd peu à peu sa contractilité, *mais c'est surtout la substance du cristallin qui perd progressivement son élasticité*. Pour ces deux raisons le pouvoir accommodateur va en s'affaiblissant peu à peu : le *punctum proximum* qui, avons-nous dit, se trouve à 10 centimètres à l'âge de dix ou douze ans, est reporté à 25 centimètres vers quarante ans, à 20 centimètres à cinquante ans, et il continue de s'éloigner rapidement pour atteindre parfois

¹ *Muo*, je cligne; *ops*, œil.

² *Brachus*, court; *métron*, mesure.

un mètre à soixante ans. A soixante-dix ans, l'accommodation naturelle est presque nulle.

Le presbyte lit donc de loin comme l'hypermétrope, bien que son affection soit due à une cause essentiellement différente et il doit se servir de verres biconvexes comme ce dernier pour pouvoir lire de plus près, à la distance ordinaire de 15-20 centimètres. L'un et l'autre placent leur lunettes sur l'extrémité du nez afin de regarder par-dessus sans s'en servir, quand ils veulent voir un objet éloigné; le myope a au contraire ses lunettes toujours bien ajustées en face des yeux. Le presbyte choisit ses verres non pour permettre la vision aux grandes distances, mais uniquement pour rendre possible celle des objets rapprochés.

4° *L'astigmatisme* est due à une inégalité de courbure des différents méridiens de la cornée comme si celle-ci avait été comprimée à sa surface; il en résulte que les différents rayons partis d'un même point ne convergent pas tous au même endroit dans l'œil; on y remédie par l'emploi de verres découpés verticalement dans un cylindre. Quelquefois ce sont les milieux internes de l'œil qui sont hétérogènes; le cristallin en particulier peut manquer d'homogénéité et donner plusieurs images aussi nettes les unes que les autres; dans ce cas on ne peut y porter remède.

§ 41. **Dioptrie.** — Les opticiens expriment la puissance des lentilles à l'aide d'une mesure spéciale, la *dioptrie*: c'est la puissance réfringente d'une lentille dont le foyer principal est à un mètre. D'après cela si la distance focale d'un verre est 10 fois plus petite, c'est-à-dire égale à 0,10, sa puissance réfringente est 10 fois plus grande et égale à 10 dioptries, ce qui conduit à la loi suivante: *La puissance d'une lentille est l'inverse de sa distance focale.* L'œil normal ayant pour distance focale 0,015, il correspond par conséquent à une lentille dont la puissance serait $1 : 0,015 = 1000 : 15 = 66$ dioptries.

L'effet produit par l'accommodation peut être considéré comme celui d'une lentille convergente placée devant l'œil; la puissance réfringente de cette lentille marque la *puissance d'accommodation* de l'œil. Ainsi si on suppose un œil dont le *punctum remotum* soit à l'infini et le *punctum proximum* à 20 centimètres, le cristallin en accommodant de l'infini à 20 centimètres augmente peu à peu sa convergence, et son effet est le même que si on avait placé devant l'œil une lentille qui aurait rapproché à 20 centimètres un objet d'abord placé à l'infini. Dire qu'un œil a une puissance d'accommodation de 10 dioptries, signifie donc que l'effet produit par le cristallin en accommodant est le même que celui d'une lentille de 10 dioptries placée devant l'œil et dont la distance focale est de $1 : 10 = 0,10$.

Nous avons déjà dit que la puissance d'accommodation du cristallin diminue avec l'âge: d'une valeur de 14 dioptries chez l'enfant, elle tombe à 7 dioptries vers trente ans, à 4 vers quarante ans, à 2 vers cinquante ans, à 1 vers soixante ans et elle est à peu près nulle à soixante-dix ans. La puissance d'accommodation étant de 2 dioptries à cinquante ans, cela revient à dire que dans ces conditions un œil normal peut lire à $1 : 2 = 0,50$.

Le degré de la myopie ou de la presbytie se mesure par la puissance du verre correcteur qui permet de voir nettement à l'infini sans accommodation. La distance focale de la lentille est sensiblement égale à celle qui sépare l'œil de son *punctum remotum*, et pratiquement on détermine la puissance correctrice de la lentille par la distance du *punctum remotum* mesuré en dioptries. Ainsi un œil myope de 8 dioptries est un œil dont le *punctum remotum* est à $1 : 8 = 0,125$ en avant.

Anciennement les opticiens numérotent leurs lentilles par le nombre de pouces représentant la distance focale. La puissance de la lentille π étant l'inverse de la distance focale f , on a donc la formule générale $\pi = \frac{1}{f}$. Comme on comptait 40 pouces dans un mètre, pour calculer le nombre de dioptries d'une lentille dont le numéro est n pouces, il suffit de remplacer dans la formule générale précédente 1 mètre par 40 et f par n , ce qui donne $\pi = \frac{40}{n}$. Un verre de myope numéro 10 correspond donc à $\pi = 40 : 10 = 4$ dioptries, et un œil myope de 4 dioptries a son *punctum remotum* à $1 : 4 = 0,25$.

§ 12. **Mécanisme de la vision.**—Comment les vibrations de l'éther se transforment-elles dans la rétine en énergie nerveuse? On en est encore réduit à des hypothèses pour ce qui concerne ce mécanisme de la vision.

Première hypothèse; rôle du pourpre rétinien. — Boll et Kühne croient à une action chimique exercée par la lumière sur le *pourpre rétinien* ou *érythroproline* des bâtonnets. Ce pourpre se décompose en effet très rapidement à la lumière; il est très apparent chez une grenouille qui a été maintenue longtemps à l'obscurité; le fond de l'œil présente alors une teinte rose parfaitement nette. Au bout de vingt secondes d'exposition à la lumière, le pigment est détruit et est remplacé par une teinte jaunâtre. Il reparait au bout d'une dizaine de minutes à l'obscurité. Ces auteurs ont admis par suite *qu'il se produit sur la rétine une véritable impression photographique*, et c'est à la suite de cette action chimique de la lumière sur le pigment qu'il y aurait une perception lumineuse. Une expérience de Boll paraît confirmer pleinement cette manière de voir :

Un lapin est conservé quelque temps à l'obscurité, puis placé rapidement devant une fenêtre très éclairée. Au bout d'une exposition de quelques secondes, on extirpe l'œil à la lumière jaune qui n'a pas d'action sur le pourpre rétinien et on le projette dans une solution d'alun à l'obscurité. Les points de la rétine où s'étaient formées les images des vitres avaient eu leur pigment rouge très rapidement décomposé par la lumière; la destruction était au contraire moins complète sur les images des barreaux parce que ceux-ci envoyaient moins de lumière. L'alun a pour effet de fixer ces images : celles des vitres sont vues en blanc et celles des barreaux en rose.

Cette expérience paraît donc autoriser à croire que la perception visuelle est le résultat d'une action chimique exercée par la lumière sur le pourpre rétinien, et on est obligé d'admettre, par suite, que ce dernier se régénère à mesure qu'il se détruit; il serait engendré par les granulations pigmentaires de la face interne de la choroïde. *Mais cette théorie se heurte à plusieurs objections :*

1° La région la plus sensible de la rétine, la *tache jaune*, n'est formée absolument que par des cônes, incolores ou légèrement jaunâtres, sans trace de pourpre rétinien :

2° Chez certains animaux, en particulier chez les serpents, la rétine ne renferme aucune cellule en bâtonnet; elle n'est formée que de cellules en cônes, sans érythroproline. Par contre, celle des animaux nocturnes (chauve-souris et chat-huanf) ne comprend que des bâtonnets ;

3° La piqûre ou la section du nerf optique, un coup porté sur l'œil, donnent également des sensations lumineuses (*phosphènes*) que n'explique pas la théorie de Boll. L'excitation électrique du globe de l'œil produit également une sorte d'éclair chaque fois que le courant commence ou qu'il finit.

Seconde hypothèse: rôle des granules pigmentaires. — Chez tous les animaux sans exception, l'organe visuel, quel que soit son degré de complication et lors même qu'il n'est formé que de cellules éparses, renferme toujours un pigment formé de granulations de 1 à 2 μ , qui *présentent la particularité d'être animées de mouvements*. Il est connu depuis longtemps qu'à la lumière ces granulations descendent en traînées profondes le long des cônes et des bâtonnets dans la rétine des Vertébrés, tandis qu'à l'obscurité la couche des cellules visuelles n'a plus de contact avec la couche pigmentaire. J'ai donc émis l'hypothèse *que les granules pigmentaires empruntent leur énergie à la lumière sous la forme d'un mouvement vibratoire qu'ils transmettent aux cônes et aux bâtonnets avec lesquels ils sont en contact*; l'ébranlement moléculaire ainsi reçu par les cellules visuelles se propage ensuite par le nerf optique jusqu'aux centres nerveux. Charpentier de Nancy a d'ailleurs démontré expérimentalement l'existence d'un mouvement vibratoire dans la rétine; il en a mesuré la vitesse de propagation le long du nerf optique.

Sans doute ce mouvement vibratoire n'est pas du tout du même ordre que les vibrations lumineuses; mais on peut penser que la totalité de l'énergie lumineuse n'est pas intégralement transmise au nerf optique; une certaine partie représenterait la *force perdue* qui, d'après Charpentier, est nécessaire pour la mise en branle de la sensibilité lumineuse.

Les phosphènes trouveraient leur explication dans cette hypothèse: car la section du nerf optique ou un coup porté sur l'œil tout entier ne déterminent en somme sur la substance nerveuse périphérique qu'un ébranlement interne, qui se propage ensuite directement aux centres nerveux.

§ 13. **Durée des impressions lumineuses.** — L'impression produite sur la rétine par l'image d'un objet ne s'efface pas instantanément; elle peut durer de 1/50 à 1/20 de seconde, quelquefois près de 1/40 de seconde. Il en résulte que si on fait passer devant l'œil une

série d'objets séparés par des intervalles inférieurs à $1/20$ de seconde, l'image de chaque objet existera encore sur la rétine quand celle de l'objet suivant viendra s'y former : c'est le principe du *cinématographe* et d'un certain nombre de jouets.

Lorsqu'on fait tourner devant l'œil un disque divisé en sept secteurs sur lesquels sont peintes les sept couleurs de l'arc-en-ciel, toutes ces couleurs se superposent sur la rétine et nous percevons leur résultante, c'est-à-dire la lumière blanche (*disque de Newton*).

C'est encore par suite de la persistance des impressions rétinienne qu'une allumette, ayant encore un point rouge, décrit un cercle brillant quand on la fait tourner rapidement.

§ 14. **Vision des couleurs.** — Nous ne savons rien non plus de précis à l'heure actuelle sur le mécanisme par lequel l'œil arrive à discerner les couleurs les plus variées. On en est réduit pour le moment aux deux hypothèses suivantes :

1^o Les *cellules en cône* seraient particulièrement sensibles aux *lumières colorées*, tandis que les *bâtonnets* seraient seulement excitables par la *lumière blanche*. Le point de la rétine où les images colorées se forment avec le plus de netteté est en effet la *tache jaune* où il n'existe que des cônes. Inversement les animaux nocturnes, tels que le hibou et la chauve-souris, qui n'ont guère à percevoir que des teintes grisâtres, ne possèdent que des bâtonnets. La sensibilité de la rétine aux ondes lumineuses est d'ailleurs loin d'être parfaite, puisque l'œil ne perçoit que les vibrations comprises entre 450 trillions d'ondes par seconde (rouge) et 750 trillions d'ondes (violet); il est aveugle par les radiations dont la longueur d'onde est inférieure ou supérieure.

2^o La seconde hypothèse est celle de Young, acceptée par Helmholtz. On sait qu'il est possible de reconstituer toutes les couleurs à l'aide de trois couleurs simples, le *violet*, le *vert* et le *rouge*, mélangées en proportions convenables. Ces deux auteurs admettent qu'il existe peut-être dans le nerf optique et la rétine trois sortes de fibres qui seraient particulièrement sensibles chacune à une certaine radiation lumineuse; il y aurait des fibres *rouges*, *violettes* et *vertes* qui seraient respectivement impressionnables par les rayons rouges, violets ou verts. Leur excitation simultanée et égale donnerait la lumière blanche. Quant aux nuances très nombreuses que l'œil est capable de percevoir en plus de ces trois couleurs fondamentales, elles seraient dues à l'intensité plus ou moins grande de l'excitation de chaque catégorie de fibres.

L'étude microscopique de la rétine n'a malheureusement jamais fait découvrir trois sortes de fibres dans le nerf optique, pas plus que trois sortes de cônes ou de bâtonnets dans la rétine, et l'hypothèse de Young n'a plus qu'un intérêt historique; mais elle permettait d'expliquer les *contrastes successifs* et le *daltonisme*.

En premier lieu, la rétine se fatigue à la longue en regardant une même couleur et devient incapable de la percevoir plus longtemps. Ainsi quand l'œil a fixé pendant quelque temps un objet d'un rouge intense et qu'il regarde ensuite une surface blanche bien éclairée, il voit apparaître sur cette dernière le même objet, en raison de la persistance des images rétinienne, mais il est coloré en *vert*, qui est la teinte complémentaire du rouge¹. En admettant l'hypothèse de Young, on dirait que la fatigue n'a porté que sur les fibres rouges, de telle sorte que la rétine n'est plus sensible à la lumière rouge et que lorsqu'elle regarde la lumière blanche, elle voit celle-ci diminuée du rouge, c'est-à-dire qu'elle voit du vert.

D'autre part, certaines personnes sont incapables de discerner une ou plusieurs couleurs bien qu'elles distinguent les différents degrés d'obscurité ou de clarté. L'infirmité porte le plus souvent sur le rouge et a reçu du physicien anglais Dalton, qui en était affligé, le nom de *daltonisme*. Dans l'hypothèse de Young, le nerf optique du daltonien serait dépourvu de fibres sensibles au rouge. Pour les daltoniens les objets rouges paraissent teintés de la couleur verte complémentaire et pour eux, comme disait Arago, « les cerises ne sont jamais mûres ». Les objets rouges et les verts leur paraissent également verts, on voit qu'ils ne peuvent être employés dans les services, tels que les chemins de fer, la marine, etc., où les signaux se font avec des feux de différentes couleurs.

On compte 1 à 2 daltoniens sur 100 individus. La plupart sont aveugles pour le rouge, quelques-uns voient le rouge et sont aveugles pour le vert.

¹ Les couleurs *complémentaires* sont celles qui mélangées deux à deux donnent du blanc.

IV. — Organes visuels dans la série animale.

Tout organe visuel, quel que soit son degré de complication, comprend toujours comme partie essentielle des cellules qui ont la propriété spéciale d'être excitables par les ondes lumineuses. Particularité remarquable : ces cellules visuelles renferment toujours des granulations pigmentaires rouges ou brunes, ou sont accompagnées d'autres cellules qui portent ce pigment. L'existence constante de ce dernier permet de penser qu'il joue un autre rôle que celui d'absorber l'excès des rayons lumineux.

La plupart des animaux possèdent des yeux qui se distinguent les uns des autres tout simplement par la masse plus ou moins considérable de cellules visuelles agglomérées ensemble, ainsi que par les organes annexes plus ou moins complexes qui accompagnent ces yeux pour les protéger, pour les faire mouvoir ou pour concentrer les rayons lumineux sur les cellules visuelles.

I. — Ce sont ceux des Vertébrés qui sont le plus compliqués ; sauf quelques détails secondaires, ils ressemblent tout à fait à ceux de l'homme. Mais il n'est pas sans intérêt de noter l'existence d'un *troisième œil* ou *œil frontal* qui est atrophié chez la plupart des Vertébrés actuels, et qui est encore en fonction chez certains Reptiles (p. 107).

II. — Chez les Invertébrés les yeux sont infiniment plus simples et ne consistent généralement qu'en petits amas de cellules sensorielles, au-devant desquelles la peau est transparente et joue le rôle de cornée ou de cristallin.

On les voit apparaître en premier lieu chez les *Méduses* : le bord de leur ombrelle présente des petits points foncés qui sont autant d'yeux. Chacun d'eux est formé tout simplement d'un petit amas de cellules visuelles placées directement à fleur de peau, et au-devant d'elles la partie tout à fait superficielle du tégument forme un petit épaississement réfringent qui joue le rôle de cristallin (fig. 319).

Tous les *Vers*, sauf ceux qui sont parasites, présentent des petites taches oculaires à peine plus compliquées que celles des Méduses. Il en est de même de quelques Oursins et des Etoiles de mer, qui portent les leurs à l'extrémité des bras (fig. 336).

Chez les *Mollusques*, les cellules visuelles forment des petits boutons brillants dont la place est très variable ; chez certains, comme l'Escargot, ils sont au bout de deux petits pédoncules que porte la tête (fig. 436 et 437) ; d'autres les portent au bout de leurs siphons ; chez les *Pectens* ou coquilles Saint-Jacques, ils sont très nombreux et forment une ceinture de corpuscules brillants et foncés sur chaque bord du manteau. Mais chez les *Céphalopodes* (Poulpe, Seiche) il est remarquable que les yeux sont autrement plus complexes ; ils ressemblent tout à fait à ceux des Vertébrés, avec globe oculaire, iris, paupières et même deux muscles moteurs (fig. 448).

Enfin chez les *Arthropodes* (Crustacés, Insectes, etc.) on trouve deux sortes d'yeux, des *yeux simples* et des *yeux composés*.

Les yeux simples ou *ocelles* (I, fig. 154) sont des petits groupes de cellules visuelles, au-devant desquels la chitine *c* forme un épaississement qui joue le rôle de cristallin. Ce sont les seuls que possèdent les Arachnides, sur le

sommet de la tête, et la plupart des larves des Insectes (chenilles). Beaucoup d'Insectes adultes en ont trois sur le front ; ce sont ceux qui ont le vol rapide (Papillons, Abeilles).

Les *yeux composés*, toujours au nombre de deux, sont au contraire toujours placés sur les côtés de la tête ; ils existent chez beaucoup de Crustacés et chez tous les Insectes adultes, même chez ceux qui ont des ocelles.

Un œil composé (II et III, fig. 154) est tout simplement un amas considérable de cellules visuelles *R* situé immédiatement au contact des téguments, et au-devant duquel la peau forme une large cornée *C* taillée à facettes ; derrière chaque facette se trouve un petit cristallin conique *K*. Le nombre des facettes est considérable : on en compte un millier chez les Fourmis et jusqu'à 25 000 chez certains autres Insectes. Derrière chaque cornée il se forme une petite image que l'on a pu photographier ; mais les cristallins

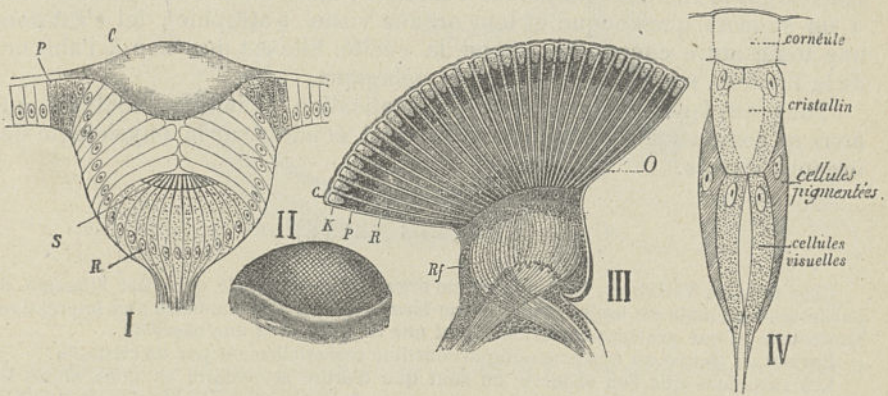


Fig. 154. — Les yeux des Insectes.

I, œil simple ou *ocelle* avec son amas de cellules visuelles *R* fermées chacune par un bâtonnet *S* ; *c*, chitine renflée et transparente formant un cristallin.

II, œil composé vu à un faible grossissement.

III, le même plus fortement grossi. — *C*, cornée à facettes. — *K*, un cristallin conique ; *P*, pigment. — *R*, cellules visuelles formant la rétine. — *Rf*, nerf optique.

IV, un élément isolé ou *ommatidie* d'un œil composé.

coniques qui reçoivent ensuite ces images ne doivent reproduire sans doute chacun qu'un point lumineux, de sorte que les Insectes ne percevaient que des plages lumineuses et non pas des images nettes.

Influence de la lumière sur le développement des yeux. — Il semble que la lumière soit indispensable pour le développement des organes visuels. On sait en effet depuis longtemps que les yeux s'amointrissent et disparaissent même complètement chez beaucoup d'animaux qui vivent constamment dans l'obscurité : les Taupes sont presque aveugles ; les Protées, batraciens des lacs souterrains de la Carniole, ont les yeux complètement recouverts par la peau. La cécité est complète chez les Vers de terre, certains Insectes et certains poissons cavernicoles.

On connaît également des Mollusques et des Crustacés vivant dans les grandes profondeurs de la mer qui sont complètement aveugles, alors que les mêmes espèces sont pourvues d'yeux quand elles vivent plus près de la

surface. C'est ainsi qu'une espèce de Crabe (le *Cyonomus*) a des yeux normaux quand il vit à une faible profondeur ; mais ils s'atrophient à mesure que la profondeur de l'eau augmente, et les spécimens que l'on pêche à 1500 mètres sont complètement aveugles.

Tous ces faits font penser que la lumière est indispensable pour le développement et le fonctionnement des cellules visuelles. Il n'en est rien cependant, car il y a des Poissons et des Crustacés des grandes profondeurs qui ont au contraire des yeux extraordinairement développés ; après tout, peut-être sont-ils éclairés par la phosphorescence que produisent nombre d'animaux des grands fonds. En tout cas, un fait vraiment singulier c'est qu'il n'y a que les *animaux marcheurs* des grands fonds, tels que les Crabes, qui soient frappés de cécité. Les nageurs tels que les Poissons et les Crevettes ont au contraire des yeux très développés. D'autre part, il y a des animaux qui sont mobiles dans le jeune âge, et qui possèdent alors une vésicule oculaire ; c'est le cas des têtards des Tuniciers ; mais dans la suite ils se fixent à un support quelconque et leur organe visuel s'atrophie ; ici c'est donc une toute autre cause qui amène la cécité. Elle est due non à l'absence de la lumière, mais à l'arrêt de la vie pélagique.

Tous ces faits, qui attendent leur explication définitive, montrent que nous ne sommes pas encore complètement éclairés sur la physiologie des organes visuels.

L'OEIL CHEZ LES VERTÉBRÉS

Chez tous les Vertébrés, l'œil a la même organisation générale que chez l'homme. Sa partie fondamentale est toujours une *rétiline* formée de cellulés sensibles aux impressions lumineuses et que protègent extérieurement une *sclérotique* et une *choroïde*.

Partout on trouve un système optique constitué essentiellement par un cristallin.

Les variations que l'on observe ne sont que d'ordre secondaire et nous allons les passer rapidement en revue.

I. Classe des Poissons. — Les organes annexes ne comportent ni glandes lacrymales ni paupières. Les larmes seraient en effet inutiles, puisque la cornée est maintenue constamment humide par l'eau ambiante ; les paupières sont aussi des formations spéciales aux Vertébrés qui vivent dans l'air, où leur rôle protecteur contre l'air et les poussières a sa raison d'être. Notons cependant que les Poissons Sélaciens (raies, squales), en possèdent la forme de petits replis, qui sont d'ailleurs immobiles.

Le globe de l'œil se distingue par l'aplatissement de sa face antérieure. La cornée transparente est à peu près plane et le cristallin, qui est placé presque immédiatement à son contact, est très volumineux et presque régulièrement sphérique, au lieu d'être en forme de lentille biconvexe comme chez nous (fig. 155).

La résistance de la *sclérotique* est notablement augmentée par une lame osseuse, en forme de large anneau, qui s'étend sur le pourtour de la cornée et est noyée dans le tissu conjonctif. Chez les Poissons cartilagineux, cette lame est cartilagineuse. Son rôle est évidemment de protéger la rétiline contre le poids de la colonne d'eau qui tend à la comprimer.

La *choroïde* est comme toujours une membrane conjonctive très vasculaire, avec cette particularité que sa face interne est recouverte d'une quantité de petits bâtonnets cristallisés et microscopiques de carbonate de guanine, qui lui donnent un aspect métallique et forment ce qu'on appelle le *tapis*. Sa face externe est également pètrie de ces mêmes cristaux microscopiques et s'appelle la *membrane argentine*, à cause de son aspect argenté.

Quant aux muscles ciliaires ils sont peu développés, et on ne croit pas qu'ils puissent jouer un bien grand rôle dans l'accommodation.

En retour, il existe un long prolongement en forme de faux, le *ligament falciforme*, que la choroïde envoie sur le cristallin, à travers l'humeur vitrée¹. C'est un cordon con-

¹ On a prétendu récemment que ce ligament était le prolongement de l'artère ophtalmique.

jonctif très riche en vaisseaux sanguins, en nerfs et en fibres musculaires lisses, qui traverse la rétine et va se terminer par une ampoule, la *campanule de Haller*, juste au contact de la face postérieure du cristallin. Il est très vraisemblable que lorsque le sang s'accumule dans la campanule, il presse sur le cristallin et le déforme ; c'est peut-être par ce procédé que se fait l'accommodation.

D'ailleurs le cristallin, en raison de sa forme sphérique, possède un grand pouvoir réfringent et est adapté pour la vision rapprochée, contrairement à ce qui se passe chez

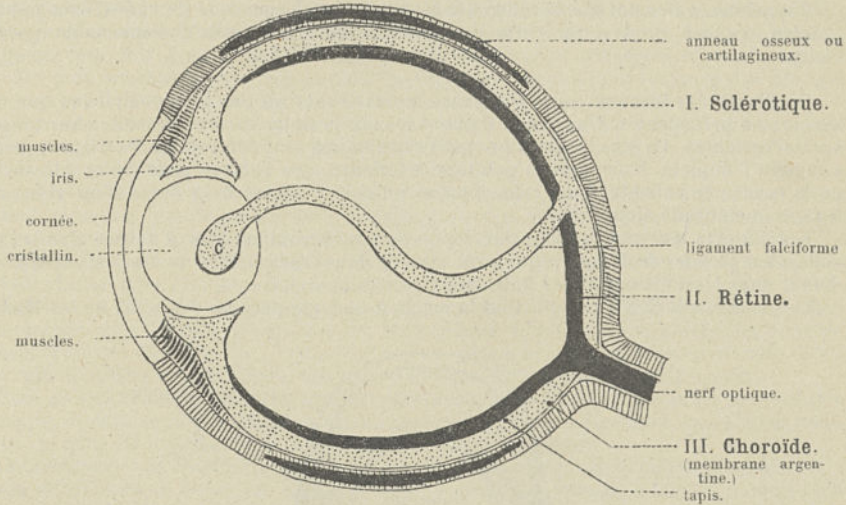


Fig. 155. — Œil de Poisson.
c, campanule de Haller.

les Mammifères. La pression exercée par la campanule le fera aplatis pour permettre la vision à de plus grandes distances.

II. Classe des Batraciens. — L'œil des Batraciens est organisé comme celui des Poissons auquel on se reportera. Nous noterons seulement quelques particularités secondaires :

Les glandes lacrymales et les paupières font défaut chez les espèces qui vivent constamment dans l'eau ou dans les endroits très humides. Il en est ainsi chez les *Batraciens pérennibranches* ou à branchies persistantes (Protée, Siren) et chez les *Batraciens urodèles* ou à queue (Salamandre, Triton).

Mais ces organes existent chez les espèces qui sont déjà mieux adaptées à la vie aérienne, telles que les Grenouilles et les Crapauds (*Batraciens anoures*). Il apparaît même chez eux, en plus des deux paupières ordinaires, les rudiments d'une troisième, située sous la paupière inférieure. C'est la membrane *nictitante* que nous verrons plus développée chez les Reptiles et surtout chez les Oiseaux, où elle constitue une troisième paupière complète. Elle n'est pas formée par un repli de la peau comme les autres, mais par un repli de la conjonctive. Ajoutons que la grenouille possède des muscles *rétracteurs* qui lui permettent de faire rentrer l'œil au fond de l'orbite.

La choroïde est un peu plus simple que celle des Poissons, car elle ne possède ni tapis, ni membrane argentine, ni ligament falciforme. L'iris doré de la grenouille doit sa teinte à des cellules remplies d'un pigment jaune.

III. Classe des Reptiles. — L'œil des Reptiles présente la même organisation générale que celui des Oiseaux décrit plus loin et auquel nous renvoyons. Toutefois sa forme est globuleuse et non allongée comme chez les Oiseaux.

Chez tous les Reptiles il existe des glandes lacrymales, deux paupières et même une membrane nictitante, car ces animaux sont tous adaptés à la vie aérienne, et ceux qui, comme les Crocodiles ou certaines Tortues vivent dans l'eau, sont toujours obligés de sortir au moins la tête pour respirer l'air extérieur.

A noter cependant l'exception que présentent les Serpents, chez lesquels les paupières paraissent faire défaut, ce qui explique la fixité du regard de ces animaux. En réalité elles existent et sont soudées l'une à l'autre par leurs bords, formant une membrane transparente au-devant du globe oculaire.

La glande lacrymale est accompagnée d'une autre glande, la *glande de Harder*, située dans un coin interne de l'œil et qui existe également chez tous les autres Vertébrés bien adaptés à la vie aérienne, c'est-à-dire chez les Oiseaux et les Mammifères; elle apparaît déjà d'ailleurs chez les Amphibiens anoures (grenouilles).

Rappelons également que la rétine des Reptiles n'est formée que de cônes, sans pourpre rétinien, ce qui prouve que cette matière colorante n'est pas indispensable pour la vision.

IV. Classe des Oiseaux. — Les organes annexes sont un peu plus complexes que chez les classes précédentes. On trouve d'abord les six muscles moteurs comme chez tous les autres Vertébrés. De plus les deux paupières ordinaires sont accompagnées d'une troisième paupière complète, fixée sous la paupière inférieure, que l'oiseau peut étaler à la surface de la cornée en l'étendant du coin interne au coin externe, à la façon d'un rideau de fenêtre (membrane nictitante).

Les glandes lacrymales, bien développées, sont accompagnées d'autres glandes spéciales, les *glandes de Harder*, qui sont situées dans l'angle interne de l'œil et qui font défaut chez les Poissons et les Batraciens pérennibranches.

Le *globe oculaire* n'a pas du tout la même forme que chez les Poissons ou les Mammi-

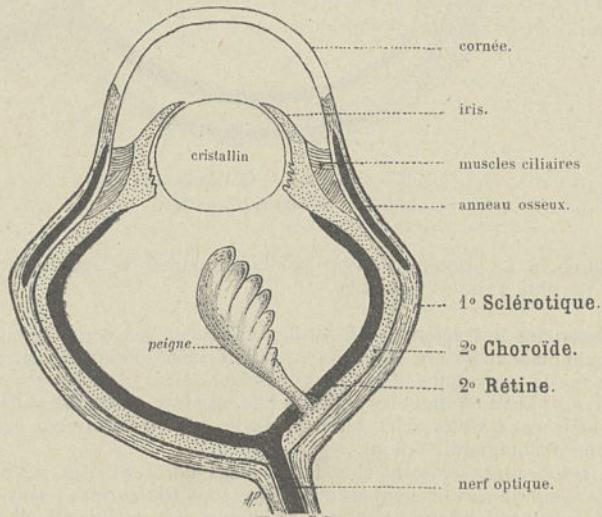


Fig. 156. — Œil d'oiseau.

ères (fig. 156). Il est allongé dans le sens antéro-postérieur et la cornée transparente est presque demi-sphérique. La sclérotique renferme une lame circulaire osseuse comme chez tous les autres Vertébrés ovipares.

Le cristallin, qui est situé derrière la cornée, est à peu près sphérique et environné de muscles ciliaires très développés, qui donnent à l'oiseau une grande faculté d'accommodation.

L'action de ces muscles accommodateurs paraît encore augmentée par un organe spécial, le *peigne*, qui correspond au ligament falciforme des Poissons et qui existe également chez les Reptiles. Il consiste dans un prolongement conjonctif de la choroïde qui traverse la rétine et se termine dans l'humeur vitrée par des espèces d'anses placées parallèlement à la façon des dents d'un peigne. Bien qu'elles ne touchent pas le cristallin, il est probable qu'en se gorgeant de sang elles refoulent un peu de toutes parts l'humeur vitrée et modifient le diamètre antéro-postérieur du globe oculaire pour l'accommodation.

La pupille est généralement ronde, mais elle est verticale chez quelques espèces comme le hibou, de même que chez quelques Reptiles.

V. Classe des Mammifères. — L'œil des Mammifères a la même forme et la même organisation que celui de l'homme. Les particularités secondaires qu'il présente sont les suivantes :

Les six muscles moteurs sont souvent accompagnés de quelques autres et en particulier d'un *muscle rétracteur* qui fait rentrer l'œil dans l'orbite ; il existe chez les *Ongulés*.

Les paupières atteignent leur maximum de différenciation chez les Mammifères ; c'est chez eux seulement qu'elles ont la forme de plis bien détachés de la peau et qu'elles atteignent leur plus grande mobilité, car chez tous les autres Vertébrés elles n'exécutent que des mouvements limités, même chez les Oiseaux. Elles portent toujours des cils, qui manquent chez les autres Vertébrés, et sont maintenues rigides par un cartilage tarse.

La troisième paupière est toujours bien développée, quoiqu'elle ne soit pas complète comme chez les Oiseaux ; il n'y a que chez l'homme et le singe qu'elle est réduite à un petit repli semi-lunaire, dans le coin interne de l'œil.

Les glandes sont de trois sortes ; les glandes *lacrymales*, les *glandes de Harder* et celles de *Meibomius*. La glande de Harder qui s'étend un peu au-dessous de l'œil, dans l'angle interne, existe chez tous les Mammifères et chez les nègres, mais fait défaut chez les autres races humaines. — Les glandes de *Meibomius* sont des espèces de glandes sébacées (p. 160) et n'existent absolument que chez les Mammifères. — Enfin, il est si vrai que le produit de ces différentes catégories de glandes est destiné à maintenir humide la surface de la cornée, qu'elles font défaut chez les Mammifères aquatiques, en particulier chez les Cétacés (baleine, dauphin, etc.), qui ne conservent plus que leurs glandes de Harder. Elles sont rudimentaires chez d'autres, tels que le Phoque, l'Hippopotame et la Loutre.

Pour ce qui concerne le globe oculaire lui-même, nous mentionnerons en premier lieu l'absence de formations cartilagineuses ou osseuses dans la sclérotique, ce qui tient peut-être à ce qu'il est toujours bien enfoui dans la cavité de l'orbite.

Chez beaucoup de Mammifères (Carnivores, Ruminants, Cheval) la choroïde possède des reflets métalliques et forme un *tapis* analogue à celui des Poissons, tapis qui rend l'œil luisant dans l'obscurité. Il serait dû à l'absence de pigment noir dans certaines parties de la rétine, ce qui permet à la lumière de pénétrer dans l'intérieur de la choroïde et d'y produire des irisations qui sont d'ailleurs variables avec les animaux.

La pupille n'est pas toujours ronde : c'est une fente verticale chez les *Carnassiers* du groupe du lion ; elle est ovale et transversale chez les *Ongulés* et les *Cétacés*.

CHAPITRE V

ORGANE DE L'OUÏE

Organisation générale et développement de l'oreille. — L'organe de l'audition est d'une grande complication chez l'homme et chez tous les Mammifères ; et pour se rendre compte de son organisation générale et de son fonctionnement, il est indispensable de voir tout d'abord comment cet organe est constitué chez les animaux où il présente la plus grande simplicité, les Crustacés et les Mollusques, par exemple.

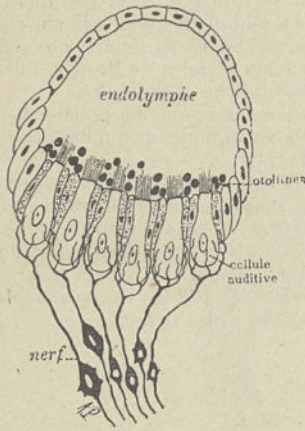


Fig. 157. — Vésicule auditive de Mollusque.

Chez les Mollusques, l'organe de l'ouïe se compose tout simplement d'un petit sac complètement clos, la *vésicule auditive*, qui est rempli d'un liquide incolore appelé l'*endolymphe* et dont les parois sont formées par une seule assise de cellules. Certaines de celles-ci sont plus grandes que les autres (fig. 157), portent des cils vibratiles qui plongent dans l'endolymphe et sont enserrées à leur base par un buisson de ramifications nerveuses. Enfin le liquide interne renferme un ou plusieurs corpuscules calcaires que l'on appelle des *otolithes* (*otos*, oreille ; *lithos*, pierre).

Les vibrations sonores qui, comme on le sait, sont fort bien conduites par l'eau, arrivent aux parois de la poche ainsi qu'à l'endolymphe et aux otolithes, puis de là aux cils des cellules épithéliales ; ces dernières, une fois ébranlées, transmettent leur excitation aux buissons de ramifications nerveuses qui les enveloppent et qui les conduisent à leur tour au cerveau par le nerf auditif.

Cet organe auditif simple s'appelle encore un *otocyste* (*otos*, oreille ; *custis*, poche). Il présente la même disposition générale chez certains Crustacés tels que le Homard ; chez d'autres (Ecrevisse), il est même encore plus simple et se compose seulement d'un petit renflement de la paroi du corps qui occupe la base de chacune des deux petites antennes et communique avec l'eau ambiante.

Telles sont les parties essentielles de tout appareil auditif. La présence des corps solides paraît indispensable à l'excitation des cils des cellules, car on les trouve toujours soit sous la forme d'un seul otolithe sphérique, soit de plusieurs petits otolithes fusiformes, soit d'une simple poussière calcaire (Vertébrés).

L'oreille humaine, bien que très compliquée à l'état adulte, commence par n'être chez l'embryon qu'un petit enfoncement de l'ectoderme V situé au voisinage du futur cervelet, et rappelant tout à fait à ce moment une vésicule auditive de Crustacé (fig. 158).

Mais ce n'est là qu'une phase de transition : cette vésicule ne tarde pas à se fermer complètement en se séparant de l'ectoderme et devient un petit sac complètement clos V', situé sous la peau, et ressemblant alors à un otocyste de Mollusque. Il est rempli d'endolymphe comme ce dernier. Ce petit sac, que l'on appelle le *vestibule*, se complique progressivement dans la suite :

1° Il s'étrangle tout d'abord en deux compartiments, l'*utricule* et le *sac-*

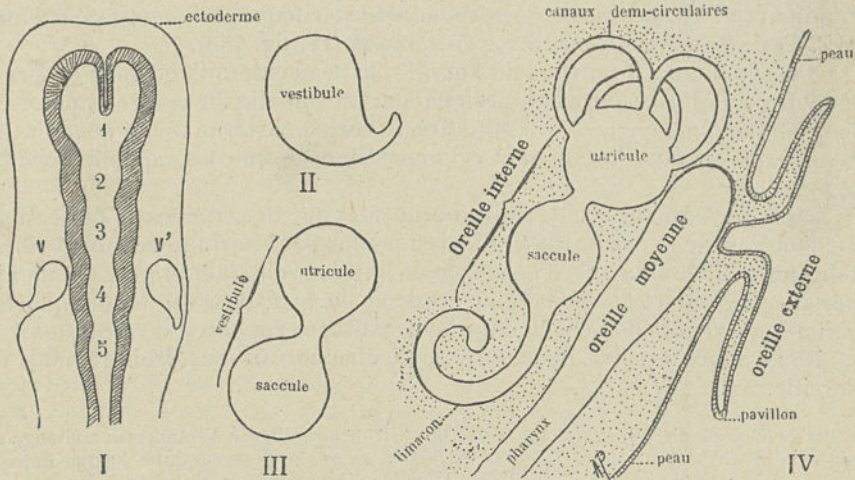


Fig. 158. — Développement de l'oreille humaine.

I. — 1, 2, 3, 4, 5, cerveaux embryonnaires. — V, premier diverticule de l'oreille. — V', le même isolé de l'ectoderme. — II, le même que V, à un plus fort grossissement. — III et IV, phases suivantes du développement de l'oreille.

cule, qui restent en communication l'un avec l'autre par un étroit conduit (III) ;

2° L'*utricule* pousse trois diverticules creux ayant la forme de trois demi-cercles réguliers que l'on appelle les *canaux demi-circulaires* (IV) ;

3° Le *sacculus* de son côté envoie un autre diverticule creux qui s'enroule sur lui-même à la façon d'une coquille d'escargot en faisant deux tours et demi, et que l'on appelle pour cette raison le *limaçon*.

A mesure que ces différents compartiments se différencient, l'os temporal se développe tout autour d'eux, et chez l'adulte ils se trouvent complètement enfouis au sein de la grosse apophyse interne de l'os temporal appelée le *rocher*. Aussi leur ensemble est-il désigné sous le nom d'*oreille interne* à cause de leur position profonde dans l'intérieur de l'os, ou encore de *labyrinth* à cause de leur complication relative.

Cette oreille interne comprend donc trois parties distinctes : 1° le *vestibule*, étranglé en deux compartiments, *sacculus* et *utricule*, qui communiquent l'un avec l'autre ; 2° les *canaux demi-circulaires* ; 3° le *limaçon*.

Elle représente la partie vraiment fondamentale de l'organe auditif, parce qu'elle seule renferme dans ses parois les terminaisons nerveuses excitables par les ondes sonores.

Oreille moyenne et oreille externe. — L'oreille interne étant située profondément dans l'os temporal, se trouve dans de très mauvaises conditions pour percevoir les vibrations de l'air extérieur. Aussi se développe-t-il en outre des organes accessoires dont le rôle est de recueillir les vibrations de l'air environnant, puis de les conduire jusqu'aux terminaisons nerveuses de l'oreille interne.

Tout d'abord, d'une région qui se trouvera plus tard être une fosse nasale, la muqueuse pousse un long diverticule qui va s'arrêter en cul-de-sac au voisinage immédiat du vestibule, et qui conserve tout le temps sa communication avec la fosse nasale correspondante par laquelle il se remplit d'air : c'est l'*oreille moyenne* ou *caisse du tympan* (IV, fig. 158).

En second lieu, au niveau de l'oreille, la peau externe s'enfonce et forme un autre cul-de-sac étroit et profond qui va s'appliquer contre la paroi de l'oreille moyenne ; elle forme en outre, à l'orifice externe de ce conduit, un large repli ou *pavillon*, et tout cela constitue ce que l'on appelle l'*oreille externe*.

Oreille externe et oreille moyenne ne sont que des organes de perfectionnement destinés à assurer la transmission plus parfaite du mouvement vibratoire jusqu'à l'oreille interne chargée de le percevoir : la première est un appareil *collecteur* et la seconde un appareil de *transmission*, tandis que les cellules nerveuses de l'oreille interne constituent l'appareil de *réception*.

Nous allons étudier successivement chacune de ces trois régions de l'oreille.

Le petit pédicule qui reliait au début la vésicule primitive à l'ectoderme s'allonge de son côté et devient un tube, le *canal endolymphatique*, qui se continue jusque dans la dure-mère du cerveau et par lequel l'*endolymph* s'écoulerait, croit-on, dans les espaces lymphatiques des méninges (II, fig. 158 et fig. 164).

Chez l'adulte, sa base est bifurquée et ses deux branches sont respectivement en communication avec l'utricule et le saccule. Il est beaucoup plus développé chez les Vertébrés inférieurs : chez les Poissons Sélaciens (raie, squal), il sort du crâne par la région occipitale et communique directement avec l'eau de mer.

I. — Oreille externe.

L'oreille externe comprend deux parties : une grande lame diversement contournée ou *pavillon*, et le *conduit auditif externe* creusé en partie dans l'os temporal.

Le pavillon n'est pas autre chose, comme nous l'avons déjà vu, qu'un grand repli de la peau ; dans son intérieur il s'est développé du cartilage qui lui donne une consistance suffisante, ainsi que quelques ligaments qui l'attachent à la tête ; on y trouve aussi quelques bandes musculaires aplaties mais toutefois pas assez puissantes pour imprimer un déplacement volontaire au pavillon ; certains animaux, tels que le cheval et l'âne, sont mieux doués sous ce rapport : leur pavillon, qui a la forme bien nette d'un cornet acoustique, possède des muscles beaucoup plus développés et peut par suite s'incliner du côté d'où vient le son.

Le *conduit auditif externe* n'a pas plus de 3 centimètres ; sa première

moitié est cartilagineuse, le reste est creusé dans l'os temporal. Il est tapissé par la peau qui se continue jusqu'au fond sans interruption. Les glandes sébacées y sont même plus volumineuses qu'à la surface du corps et sécrètent une matière onctueuse et jaunâtre appelée le *cérumen* (*cerumen*, cire), d'où leur qualificatif de glandes *cérumineuses*.

Les parois du conduit portent également des poils courts et très irritables, qui nous avertissent de la pénétration des corps étrangers.

Le pavillon joue le rôle d'un appareil collecteur de sons à la façon d'un cornet acoustique ; les ondes qui arrivent à sa surface éprouvent une série de réflexions sur ses saillies et ses dépressions, et sont conduites finalement en plus ou moins grand nombre dans l'intérieur du conduit auditif. Instinctivement nous dirigeons le pavillon du côté d'où vient le son, pour qu'il tombe un plus grand nombre de vibrations à sa surface.

Il est incontestable que les divers contournements du pavillon favorisent l'audition ; quelle que soit la position de ce dernier devant le corps en vibration, les ondes sonores qu'il reçoit ont toujours la possibilité de se réfléchir successivement sur quelques-unes de ses surfaces convexes ou concaves et d'arriver finalement dans le canal auditif. Lorsqu'on rend en effet le pavillon absolument plan en le remplissant de cire molle, tout en laissant le conduit auditif libre, l'audition est beaucoup moins nette et on se trouve dans l'impossibilité de discerner d'où vient le son.

En second lieu la conque de l'oreille nous permet de juger de la *direction des sons* ; en son absence nous sommes dans l'impossibilité absolue de juger de la position d'un corps sonore par rapport à nous-mêmes.

On le démontre par l'expérience de Gellé : on applique une montre sur le milieu d'un long tube de caoutchouc dont les deux extrémités pénètrent dans les conduits auditifs externes d'une personne ; dans ces conditions, celle-ci distingue nettement les battements de la montre, mais si elle ferme les yeux, elle ne se rend plus compte des déplacements que l'on fait subir au tube ou à la montre.

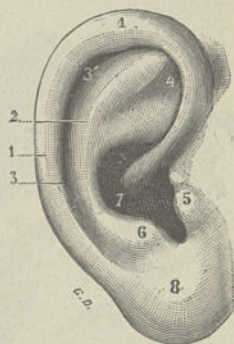


Fig. 159. — Pavillon de l'oreille (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, bourrelet externe ou *hélix*. — 2, seconde saillie ou *anthélix*. — 3, 3', gouttière de l'hélix. — 5, petit mamelon ou *tragus*. — 6, autre mamelon ou *antitragus*. — 7, cavité de la conque. — 8, lobule.

II. — Oreille moyenne.

§ 1. **Description.** — L'oreille moyenne ou *caisse du tympan* présente à considérer trois parties distinctes : la *trompe d'Eustache*, la *membrane du tympan* et la *chaîne des osselets*.

1° *Trompe d'Eustache.* — L'oreille moyenne, située dans l'os temporal, est essentiellement constituée, comme nous l'avons déjà dit, par un long tube terminé en cul-de-sac au voisinage de l'oreille interne, et dont l'autre extrémité s'ouvre tout au fond de la fosse nasale correspondante, dans la région pharyngienne ; elle reçoit constamment de l'air qui lui arrive soit par la bouche, soit par le nez (fig. 158 et 164).

Il y a lieu d'y considérer deux parties. D'abord le fond du cul-de-sac, large seulement de 2 millimètres et haut de 2 centimètres, constitue ce qu'on appelle spécialement la *cavité de l'oreille moyenne* ou *caisse tympanique*; puis cette cavité se continue en avant par un canal de 3 à 4 centimètres de longueur que l'on appelle la *trompe d'Eustache*; d'abord très étroit (4 millimètres de diamètre), ce canal s'évase progressivement pour aller s'ouvrir finalement au fond et en haut de la cavité pharyngienne.

2° *Membrane du tympan.* — La caisse du tympan est séparée du conduit auditif externe par une cloison qui mesure à peu près 1 centimètre carré et s'appelle la *membrane tympanique*; elle est inclinée à peu près à 45° vers l'intérieur; sa face interne

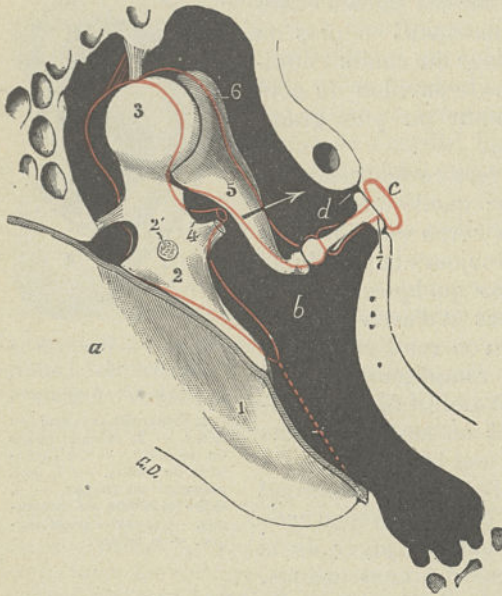


Fig. 160. — Disposition des osselets dans la cavité tympanique et leur mode de déplacement sous l'action des muscles du marteau (L. Testut, *Anatomie humaine*).

Les tracés en rouge indiquent la nouvelle position des osselets quand le muscle du marteau se contracte dans le sens de la flèche. a, conduit auditif externe. — b, caisse du tympan se continuant inférieurement par la trompe d'Eustache. — c, vestibule de l'oreille interne. — d, fenêtre ovale. — 1, membrane du tympan. — 2, manche du marteau. — 2', section de son apophyse grêle. — 3, sa tête. — 4, insertion du muscle du marteau. — 5, apophyse verticale de l'enclume. — 6, sa tête. — 7, étrier.

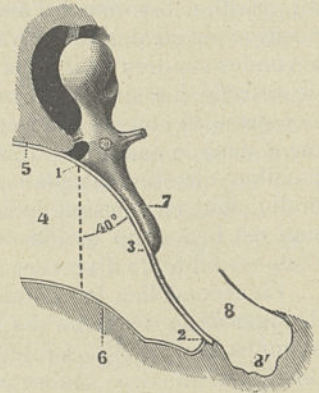


Fig. 161. — Inclinaison et courbure de la membrane du tympan (L. Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, partie supérieure et partie inférieure du tympan. — 4, conduit auditif externe avec sa paroi inférieure en 6; 7, manche du marteau. — 8, caisse du tympan.

est un peu convexe et sa face externe concave; elle est tendue à la façon d'une peau de tambour dans un centre osseux circulaire appartenant à l'os temporal (fig. 161).

La membrane du tympan se compose d'une couche moyenne conjonctive recouverte en dedans et en dehors par un épithélium stratifié; les fibres conjonctives sont de deux sortes, les unes rayonnantes, les autres circulaires. Dans le cours du développement de l'oreille, le fond du conduit auditif, qui n'est qu'un renforcement de la peau, *derme* et *épiderme*, s'est juxtaposé contre la paroi membraneuse de l'oreille moyenne qui n'est elle-même qu'un prolongement de la muqueuse du pharynx, et c'est ainsi que ce sont constitués les deux épidermes et la couche conjonctive du tympan (IV, fig. 158 et fig. 162).

La trompe d'Eustache est osseuse là où elle débouche dans la caisse du tympan, mais à son autre extrémité elle est mi-partie cartilagineuse et mi-partie membraneuse. Elle est d'ailleurs limitée intérieurement, ainsi que toute la caisse tympanique, par une muqueuse qui n'est pas autre chose que le prolongement de celle du pharynx, ainsi que le montre l'étude de son développement.

3° *Chaîne des osselets*. — Enfin il existe dans la cavité tympanique une petite chaîne osseuse, en forme de levier coudé de sonnette d'appartement, qui s'étend transversalement depuis la membrane du tympan jusqu'à la paroi de l'oreille interne, et qui est formée de trois petits osselets. Ils portent chacun un nom tiré de leur forme générale. Ce sont : le *marteau*, l'*enclume* et l'*étrier* (fig. 163).

1° Le *marteau* possède une tête, deux petites apophyses (3 et 4) et un manche (5) fixé en entier dans l'épaisseur tympanique (fig. 162) ; l'extrémité de ce manche se continue jusqu'au centre saillant du tympan (fig. 160 et 161) ; c'est le plus long des osselets ; il mesure 6 à 7 millimètres.

2° L'*enclume* rappelle un peu une molaire à deux racines ; son corps est articulé avec la tête du marteau et il est placé à peu près dans le même plan que ce dernier ; sa branche inférieure, plus longue que l'autre, est légèrement recourbée en dedans et se termine par un petit renflement en forme de lentille (fig. 5) que l'on regarde quelquefois comme un osselet spécial, l'*os lenticulaire* (fig. 160 et fig. 163).

3° L'*étrier* a tout à fait la forme de l'objet de ce nom, avec cette diffé-

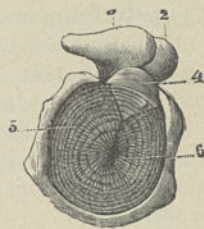


Fig. 162. — La membrane du tympan vue par sa face externe pour montrer ses deux sortes de fibres (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, cercle tympanal. — 2, marteau. — 3, enclume. — 5, fibres circulaires. — 6, ombilic d'où partent les fibres radiales.

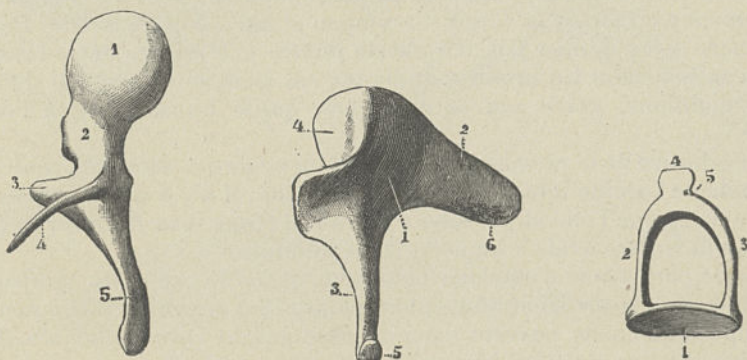


Fig. 163. — Osselets de l'ouïe isolés (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A gauche, le marteau vu par sa face antérieure : 1, tête du marteau. — 2, son col. — 3, sa courte apophyse. — 4, sa longue apophyse. — 5, son manche. — Au milieu, l'enclume : 2, sa branche supérieure ou horizontale. — 3, sa branche inférieure ou verticale ; sa facette d'articulation avec le marteau. — 5, son apophyse lenticulaire ou *os lenticulaire* de certains auteurs. — A droite, l'étrier : 1, sa base. — 2 et 3, ses deux branches. — 4, sa tête. — 5, son col.

rence que sa base est large et pleine au lieu d'être évidée. Il est placé dans un plan perpendiculaire à celui du marteau et de l'enclume, c'est-à-dire dans le sens de la largeur de la caisse tympanique. Sa base, ovale, adhère

intimement à une membrane de même forme, tendue à la façon d'un petit tympan au-devant d'un orifice creusé dans l'os temporal, entre l'oreille interne et la cavité de l'oreille moyenne ; cet orifice s'appelle la *fenêtre ovale* et le petit tympan qui le ferme, la *membrane de la fenêtre ovale* (fig. 164).

Un peu au-dessous de la fenêtre ovale s'en trouve encore une autre petite, également percée dans l'os temporal entre l'oreille interne et la cavité tympanique, et qui s'appelle en raison de sa forme la *fenêtre ronde* ; un autre petit tympan de même forme est tendu à son orifice, mais il a une position presque horizontale (fig. 164). Entre ces deux petites fenêtres, la paroi de la caisse tympanique forme une saillie osseuse très accentuée, le *promontoire* (p. fig. 164).

La chaîne des osselets est fixée dans la cavité tympanique par un certain nombre de petits ligaments et deux petits muscles (*muscle du marteau* et *muscle de l'étrier*), dont nous verrons le rôle plus loin.

§ 2. **Fonction de l'oreille moyenne.** — L'oreille moyenne transmet à l'oreille interne les vibrations sonores qui lui arrivent de l'extérieur par l'intermédiaire du pavillon. Ces vibrations ébranlent le tympan, qui les communique à son tour à la chaîne des osselets puis à la fenêtre ovale dont la base adhère à la surface de l'étrier. Le mouvement vibratoire du tympan peut aussi se transmettre à la *fenêtre ronde* par l'intermédiaire de l'air de la caisse, mais cette seconde voie de transmission n'a qu'une faible importance, d'abord parce que l'air conduit moins bien les vibrations que la tige solide des osselets, et ensuite parce que la membrane de la fenêtre ronde est placée au-dessous du promontoire, dans une position à peu près horizontale qui lui fait fuir pour ainsi dire les vibrations.

La destruction du tympan ou de la chaîne des osselets n'amène pas la surdité, mais rend seulement confuse la perception des sons qui se fait alors uniquement par l'air de la caisse du tympan et *par les os de la tête*. Pour se convaincre de ce dernier fait, il suffit de mettre une montre entre les dents tout en se bouchant les oreilles : le tic-tac est parfaitement perçu dans de telles conditions, grâce aux os de la face qui le transmettent à l'oreille interne.

La déchirure de la membrane de la fenêtre ovale occasionne l'écoulement du liquide de l'oreille interne et amène la surdité. Il n'y a que dans ces dernières années que l'on est parvenu à extraire l'étrier sans déchirer la membrane de la fenêtre ovale à laquelle il est adhérent.

D'autre part, l'ouïe n'est bien nette que quand la caisse du tympan est remplie d'air à la pression atmosphérique, qui lui arrive régulièrement par la trompe d'Eustache ouverte dans la fosse nasale correspondante. Toute membrane tendue ne vibre bien, en effet, que quand elle supporte sur ses deux faces des pressions égales. Si la caisse du tympan restait toujours fermée, l'air qu'elle contient serait lentement absorbé par les parois de l'os temporal qui sont criblées de petits trous ou *cellules mastoïdiennes*, et il en résulterait un vide partiel ; la pression extérieure, plus grande, ferait bomber davantage le tympan en dedans et serait capable à la longue d'en amener la déchirure.

Toutefois il est à remarquer que la *trompe d'Eustache est normalement fermée* ; ses parois sont formées, dans le sens de la longueur, d'une moitié cartilagineuse et d'une moitié membraneuse, et celle-ci est toujours affaissée

sur l'autre. Mais l'un des muscles tenseurs de la voile du palais, le *péristaphilin externe*, s'attache par une de ses extrémités sur la partie membraneuse de la trompe d'Eustache; en se contractant au moment de la déglutition, il tire forcément cette paroi membraneuse de la trompe et rend le canal libre. Aussi les mouvements de déglutition que nous faisons à chaque instant, même entre les repas, ont-ils pour effet non seulement de nous débarrasser de l'excès de salive, mais encore d'ouvrir momentanément la trompe d'Eustache et de rétablir l'équilibre de pression entre l'air extérieur et celui de la cavité tympanique. C'est par cette même trompe que les mucosités de la caisse tympanique s'écoulent dans les fosses nasales.

Le fonctionnement des autres régions de l'oreille moyenne présente un certain nombre de particularités intéressantes :

1° La membrane du tympan n'est pas absolument comparable à une peau de tambour.

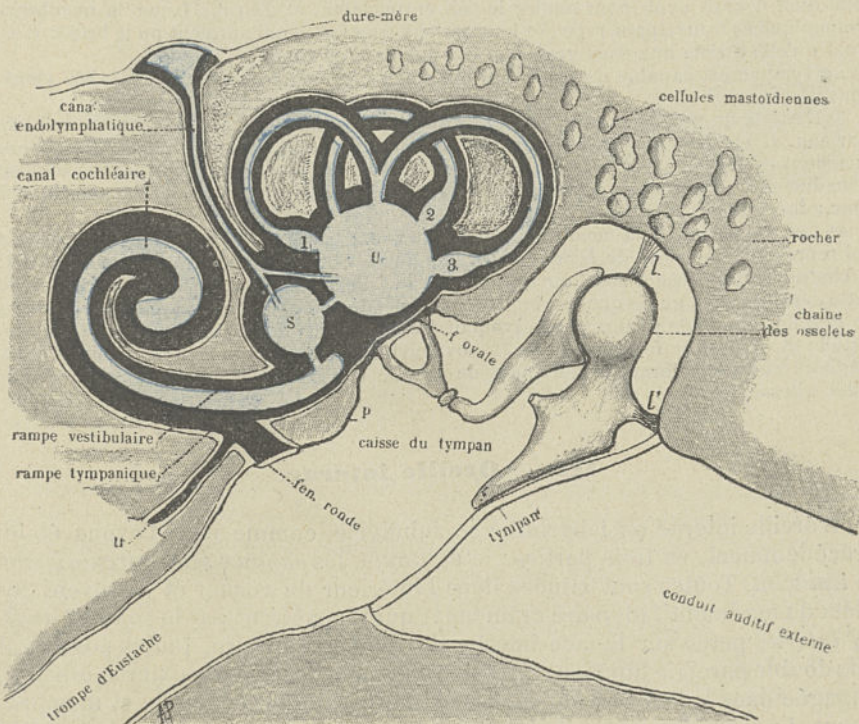


Fig. 164. — Schéma de l'ensemble de l'oreille.

U, utricule. — S, saccule.

1, 2, 3, ampoules des canaux semi-circulaires. — p, promontoire. — l et l', deux des quatre ligaments qui maintiennent le marteau en place; le prolongement du marteau qui est sectionné à gauche est le point d'insertion du tendon du muscle du marteau. — tr, aqueduc du limaçon s'ouvrant à la surface du rocher.

Dans l'oreille interne, les espaces en bleu sont occupés par l'*endolymphe* et les noirs par la *pérylymphe*. — Les trois canaux semi-circulaires sont supposés placés dans le même plan.

Une peau de tambour est toujours uniformément tendue sur toute sa surface et ne rend jamais qu'un seul son, déterminé par le degré de tension qu'elle présente. Le tympan présente au contraire des tensions variées, régulièrement croissantes depuis le pourtour jusqu'au centre; il en résulte qu'il est capable, sans se modifier, de vibrer pour des sons de hauteur très variable; si un son grave frappe l'oreille, c'est la périphérie du tympan qui entre en vibration; si c'est un son plus aigu, c'est une région plus centrale qui le

reçoit, et c'est ainsi que nous pouvons apprécier simultanément des sons divers rendus au même moment, tels que ceux d'une symphonie.

2° Il existe un petit muscle, le *muscle du marteau*, qui s'attache d'une part sur la paroi interne de la caisse tympanique et d'autre part à la base de la tête du marteau. Les contractions de ce muscle tirent le marteau en dedans et cet osselet entraîne à son tour la membrane du tympan, au sommet de laquelle son manche vient se terminer (4, fig. 160).

Ainsi tendu, le marteau vibre pour des sons autres que ceux qu'il peut transmettre dans les conditions normales, lorsque le muscle du marteau est au repos. Ce dernier est donc le *muscle tenseur* du tympan. Lorsque nous écoutons un morceau de chant, il se contracte d'autant plus que la voix s'élève davantage et accorde à chaque instant la membrane du tympan pour les différents sons qui frappent notre oreille ; il mérite donc d'être encore qualifié de *muscle accommodateur* de l'audition.

Ce même muscle joue aussi un rôle *protecteur* pour le tympan qu'il empêche de se briser sous l'action des détonations intenses telles que les décharges d'artillerie ; on sait en effet qu'une membrane fortement tendue n'entre pas en vibration pour les sons inférieurs à celui qui correspond à son degré de tension. Quand un son très violent frappe l'oreille, le muscle du marteau tire le tympan à l'excès et lui donne un degré de tension supérieur à celui qu'il devrait avoir pour rendre le son en question, et de cette façon la membrane tympanique se trouve préservée des impressions trop fortes qui auraient pu la briser. C'est ainsi qu'elle résiste aux sons graves et très intenses du canon.

Le tympan est capable de rendre les différents sons compris entre 32 et 73.000 vibrations.

3° Il existe un second muscle, le *muscle de l'étrier*, qui agit en sens inverse de celui du marteau. Il est fixé perpendiculairement à l'étrier, de telle sorte que ses contractions ramènent cet osselet vers l'intérieur de la caisse tympanique et diminuent par conséquent l'étendue des mouvements vibratoires de l'étrier dans la fenêtre ovale. Ce muscle sert donc aussi à amortir les sons intenses.

4° Les vibrations de la membrane du tympan sont transmises à la chaîne des osselets qui représente une sorte de *levier coudé* analogue à celui d'une sonnette d'appartement ; la chaîne les transmet à son tour à la membrane de la fenêtre ovale. Mais la surface de cette dernière n'est guère que le vingtième de celle du tympan, de sorte que les vibrations de grande amplitude reçues par le tympan, se transforment en vibrations de petite amplitude et de grande force sur la fenêtre ovale. La chaîne des osselets sert donc d'intermédiaire entre les vibrations aériennes de grande vitesse et celles de l'oreille interne de faible vitesse.

III. — Oreille interne.

L'oreille interne ou labyrinthe se subdivise, comme nous l'avons établi précédemment, en trois parties : le *vestibule*, les *canaux semi-circulaires* et le *limaçon*. Toutes sont situées dans l'intérieur du rocher et reçoivent des filets du nerf auditif (8^e paire crânienne) qui y pénètrent par le *conduit auditif interne* percé sur la face interne du rocher. En outre, toutes possèdent une double paroi (le limaçon en partie seulement) : une paroi externe osseuse, engagée dans les cavités du rocher et une paroi interne, molle et membraneuse. La première s'appelle le *labyrinthe osseux*, la seconde, le *labyrinthe membraneux*.

Entre les deux parois, il existe un léger intervalle qui est occupé par un liquide, la *pérylympe* ou humeur de Valsava. Les différents compartiments du labyrinthe membraneux sont remplis par un autre liquide, l'*endolymphe* ou humeur de Scarpa.

Étudions successivement la disposition particulière et le rôle de chacune des trois parties de cette oreille interne.

§ 1. *Vestibule*. — Le vestibule membraneux est divisé, comme nous l'avons vu, en deux sacs : l'*utricule* et le *sacculé*, qui restent en communi-

cation par un étroit canal (fig. 164). Le premier, ovale (1, fig. 167), est placé à la partie supérieure et communique avec les canaux demi-circulaires ; la fenêtre ovale le sépare de la cavité du tympan. L'autre (2) est placé inférieurement, a une forme à peu près sphérique et se continue avec le limaçon.

Leur paroi conjonctive est doublée intérieurement d'un épithélium simple et présente dans chaque compartiment un petit épaissement de teinte blanchâtre que l'on appelle une *tache acoustique*. Celle de l'utricule (1') s'étend sur 2 millimètres ; celle du saccule (2') sur 1 millimètre. Elles sont très riches en terminaisons nerveuses appartenant à des filets du nerf auditif et excita- bles par les ondes sonores que propage l'endolymphe.

Leur structure est des plus simples : il suffit de supposer une vésicule

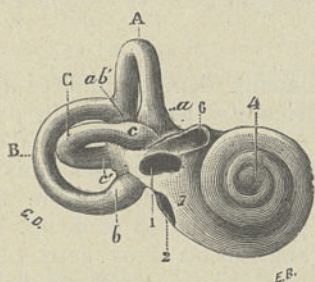


Fig. 165. — Labyrinthe osseux isolé et vu par sa face externe (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, canal demi-circulaire externe avec son ampoule a. — B, canal demi-circulaire postérieur avec son ampoule b. — ab', canal de fusion des deux canaux précédents. — C, canal demi-circulaire externe avec son ampoule c et son autre extrémité c'.

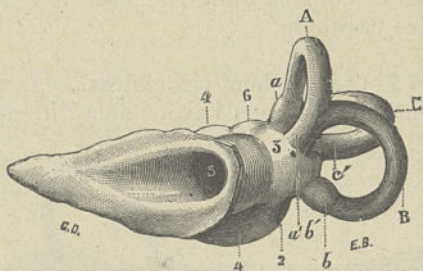


Fig. 166. — Labyrinthe osseux isolé et vu par sa face interne (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, fenêtre ovale. — 2, fenêtre ronde. — 3, vestibule. — 4, limaçon. — 5, conduit auditif interne. — 6, aqueduc de Fallope.

auditive de Mollusque qui serait ouverte et étalée sur un plan horizontal, pour avoir exactement l'organisation d'une *tache acoustique*. C'est-à-dire que parmi les cellules de l'épithélium interne de ces taches, il s'en trouve un certain nombre qui possèdent des cils vibratiles saillants dans l'endolymphe, tandis que la base de chacune d'elles est enserrée par un buisson de ramifications nerveuses provenant de l'épanouissement d'une fibre envoyée par le nerf auditif¹. Une sorte de poussière calcaire finement cristallisée ou *otoconie*, avoisine les cellules ciliées et donne aux deux taches leur couleur particulière.

Rôle. — Les vibrations amenées par la chaîne des osselets sont communiquées par l'étrier à la membrane de la fenêtre ovale, qui imprime à son tour ses oscillations à l'endolymphe de l'oreille interne. L'otoconie et les cils vibratiles des *taches auditives* vibrent à leur tour et leur ébranlement se transmet d'abord aux buissons nerveux récepteurs qui enserrant la base des cellules ciliées, puis au cerveau par l'intermédiaire du nerf auditif. On a

¹ Les cellules nerveuses qui envoient leurs prolongements périphériques au contact de ces cellules ciliées sont situées sur le trajet d'une branche du nerf auditif (*branche vestibulaire*) où elles constituent le ganglion de Scarpa.

constaté que quand l'étrier s'enfonce dans la fenêtre ovale, la membrane de la fenêtre ronde se bombe du côté de la cavité tympanique, ce qui est une conséquence de l'incompressibilité du liquide qui remplit l'oreille interne.

Rien dans la structure des taches auditives ne fait penser qu'elles soient capables de nous faire percevoir les sons musicaux ; leurs terminaisons nerveuses doivent se trouver tout simplement ébranlées plus ou moins énergiquement selon la plus ou moins grande *intensité* des sons qui frappent l'oreille. On pense en d'autres termes qu'elles ne sont sensibles qu'aux *bruits* et qu'elles ne nous font percevoir que l'*intensité* des sons. Un animal muni de l'utricule et du saccule reconnaît certainement l'existence des sons ; mais on ne peut savoir expérimentalement s'il perçoit les sons musicaux. Les animaux inférieurs, Mollusques, Crustacés, etc., qui ne paraissent guère sensibles qu'aux bruits, ne possèdent qu'une vésicule auditive comparable à notre vestibule.

§ 2. **Canaux demi-circulaires.** — Les trois canaux demi-circulaires s'ouvrent, comme nous l'avons déjà dit, dans l'utricule et présentent la particularité remarquable d'être

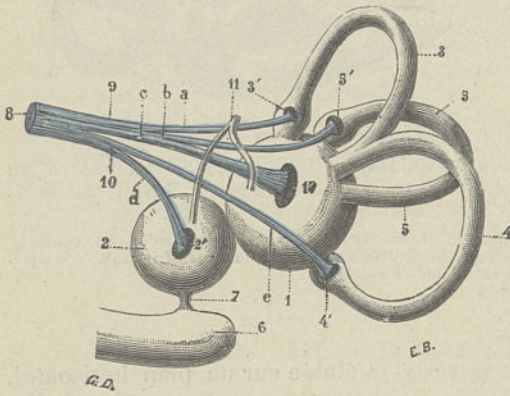


Fig. 167. — Utricule, saccule et canaux demi-circulaires pour montrer les taches et les crêtes acoustiques (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, utricule avec sa tache acoustique 1'. — 2, saccule avec sa tache acoustique 2'. — 3, 4, 5, canaux demi-circulaires avec leurs crêtes 3, 4', 5'. — 8 branche vestibulaire du nerf auditif envoyant des filets aux trois ampoules des canaux demi-circulaires (filets ampullaires a, b, e) et aux deux taches acoustiques (d, nerf sacculaire et c. nerf utriculaire). — 11, canal endolymphatique).

orientés suivant les trois directions principales de l'espace : deux (3 et 4, fig. 167) sont situés dans deux plans verticaux perpendiculaires entre eux ; le troisième (5) est horizontal et perpendiculaire aux deux précédents. Les verticaux fusionnent deux de leurs branches avant de déboucher dans l'utricule, ce qui fait que les trois canaux ne présentent au total que cinq orifices.

La longueur de chaque tube varie de 1 centimètre à 1 centimètre et demi, et son diamètre ne dépasse pas 1 millimètre à 1 millimètre et demi. Ils possèdent une double paroi comme les autres régions de l'oreille interne : une externe osseuse et une interne membraneuse, qui est le prolongement de celle du vestibule et à l'intérieur de laquelle se trouve l'endolymph ; entre les deux se trouve de la périlymphe, qui se continue d'ailleurs autour de tout le reste de l'oreille interne (fig. 164.)

Chaque tube possède sur une de ses branches, au voisinage de son débouché dans l'utricule (3', 4' et 5'), une *ampoule* bien accusée formée par la paroi osseuse ; à l'intérieur et au même niveau la paroi membraneuse forme de son côté une saillie étendue en demi-lune que l'on désigne sous le nom de *crête acoustique*. Ces crêtes reçoivent chacune un filet nerveux envoyé par la *branche vestibulaire* du nerf auditif (8, fig. 167), et sont les seules régions excitables par les ondes sonores. Leur structure est exactement la même que

celle des *taches acoustiques* du vestibule, c'est-à-dire que l'épithélium qui les tapisse intérieurement renferme des cellules ciliées dont la base est enserrée par des buissons de ramifications nerveuses.

Rôle. — Étant donnée l'organisation de leurs crêtes acoustiques, il est probable que les canaux demi-circulaires nous font percevoir l'intensité des sons tout comme le vestibule. Ils possèdent encore un second rôle intéressant : le physiologiste Flourens en les enlevant à un pigeon constata que l'animal ne pouvait plus garder l'équilibre ; il éprouvait du vertige. D'autre part, l'homme est sujet à une certaine affection que l'on appelle la *maladie de Ménière* du nom du médecin qui l'a étudiée pour la première fois, et qui se traduit par du vertige et la perte de l'équilibre ; or, les malades ont toujours les canaux demi-circulaires plus ou moins profondément détruits.

On admet donc, d'après ces faits et aussi d'après la disposition si particulière des canaux dans les trois directions principales de l'espace, que les impressions sensorielles éprouvées et recueillies par les crêtes acoustiques nous donnent la notion des trois directions principales de l'espace, chaque direction correspondant à un canal demi-circulaire. En d'autres termes, cette partie de l'oreille interne nous renseigne sur la situation qu'occupe notre corps dans le milieu extérieur : elle préside à ce qu'on pourrait appeler le *sens de l'espace*.

§ 3. **Limaçon.** — Le limaçon est un diverticule du vestibule en forme de coquille d'escargot, faisant le plus souvent deux tours et demi et possédant une longueur de 3 centimètres environ. Ce tube s'enroule autour d'un axe vertical, également creux, mesurant 3 millimètres de longueur avec 3 millimètres de largeur à sa base, et appelé la *columelle* ; cet axe se rétrécit progressivement vers le haut et se termine par une petite dilatation en forme d'entonnoir dont la partie évasée occupe le sommet du limaçon (fig. 168).

La cavité du limaçon n'est pas unique ; elle est divisée tout d'abord en deux compartiments bien distincts ou *rampes* par une cloison qui s'étend en spirale de la base au sommet du limaçon et que l'on appelle pour cela la *cloison spirale*. L'une des rampes s'appelle la *rampe tympanique* parce que sa base se termine au voisinage de la *caisse du tympan* ou oreille moyenne dont elle n'est séparée que par la membrane de la fenêtre ronde ; l'autre s'appelle la *rampe vestibulaire* parce qu'elle est en relation avec le vestibule (fig. 164 et 169).

Entre ces deux rampes s'en trouve une troisième beaucoup plus étroite appelée la *rampe cochléaire* ; elle est comprise entre la cloison spirale et une autre membrane épithéliale très mince appelée la *membrane de Reissner* ; elle se termine en cul-de-sac au sommet du limaçon dont elle suit le bord

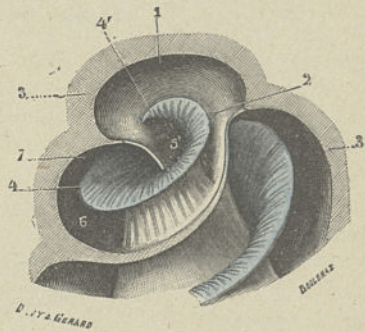


Fig. 168. — Sommet du limaçon (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

La lame spirale 4 en bleu s'enroulant autour de la columelle jusqu'au sommet ou coupole 1, du limaçon. — 6, rampe tympanique. — 7, rampe vestibulaire. La paroi interne osseuse du limaçon ou lame des contours est représentée en 3.

extérieur, et elle se continue inférieurement avec la cavité du vestibule et des canaux demi-circulaires ; elle est remplie d'endolymphe.

La *rampe vestibulaire* et la *rampe tympanique* se continuent avec les espaces périlymphatiques qui entourent le vestibule et les canaux demi-circulaires, et sont par conséquent remplies de périlymphe ; un orifice spécial

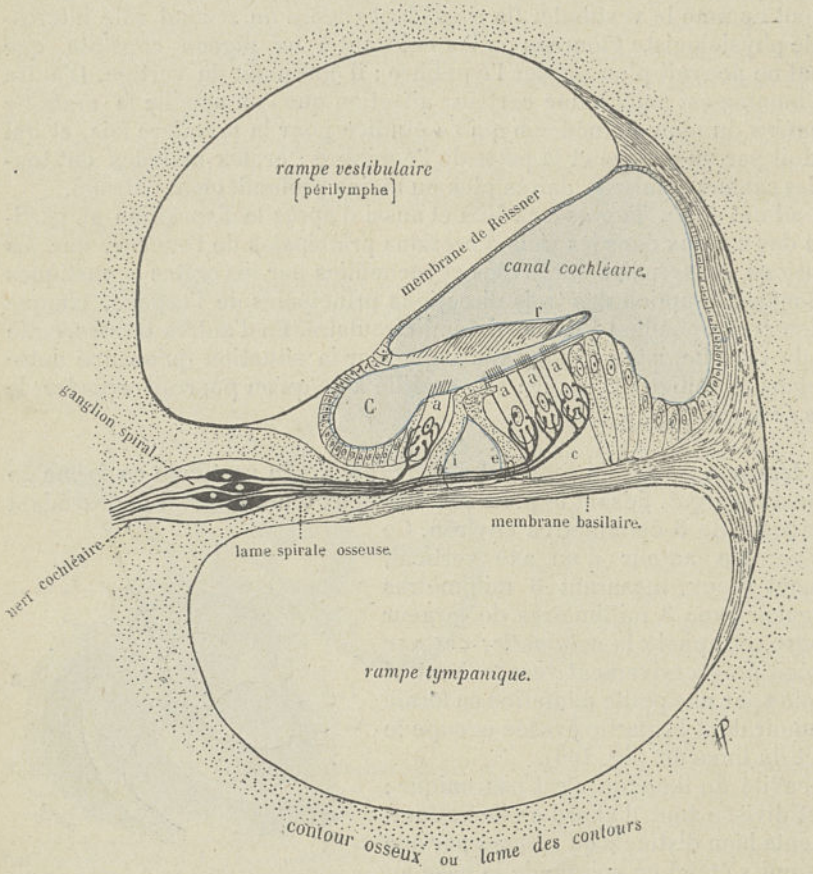


Fig. 169. — Coupe verticale d'une spire du limaçon.

C, rampe de Corti. — *r*, membrane recouvrante. — *a*, quatre cellules auditives ciliées enserrées à leur base par un buisson nerveux. — *c*, emplacement occupé par des cellules de soutien, qui se prolongent entre les cellules auditives ciliées. — *i* et *e*, pilier interne et pilier externe d'un organe de Corti.

les met directement en communication l'une avec l'autre au sommet du limaçon.

Quant à la *cloison spirale* qui s'étend d'un bout à l'autre du limaçon, elle n'a pas la même structure sur toute son étendue : dans son premier tour de spire elle est osseuse dans toute sa largeur ; puis dans les tours suivants, la substance osseuse disparaît progressivement et est remplacée par une simple membrane conjonctive, qui est la seule à exister quand on atteint le sommet même du limaçon. La partie osseuse de la cloison est désignée sous le nom particulier de *cloison spirale osseuse*, et la partie membraneuse s'ap-

pelle spécialement la *lame spirale membraneuse* ou tout simplement *membrane spirale*.

Si on suppose la cloison étalée tout entière sur un plan horizontal, on aura l'aspect de la figure 170 : la largeur de la *cloison* osseuse diminue progressivement depuis la base du limaçon jusqu'à son sommet, tandis que la *membrane spirale* s'élargit au contraire à mesure qu'elle gagne le sommet ; à sa base elle n'a que 1/20 de millimètre de largeur et à l'autre extrémité elle mesure 1/2 millimètre. Elle occupe la partie externe de la cloison, tandis que la région osseuse en occupe la partie interne et confine à l'axe osseux du limaçon.

La *membrane spirale* est une membrane conjonctive dont la surface, très finement striée en travers, présente la particularité intéressante de renfermer de nombreuses fibres conjonctives d'une extrême finesse, et placées parallèlement les unes aux autres dans le sens de la largeur de la cloison ; comme celle-ci s'élargit progressivement de la base au sommet du limaçon, il en résulte que ces fibres croissent elles-mêmes régulièrement en longueur depuis la base jusqu'au sommet, en présentant ainsi la disposition des cordes d'une harpe. On évalue leur nombre à 6000 environ.

D'autre part, sur la face qui regarde la rampe cochléaire, la même membrane spirale supporte un grand nombre de petits organes saillants, les *organes de Corti*, composés chacun d'une sorte d'arcade formée de deux piliers obliques *i* et *e* (fig. 169) qui s'affrontent en chevron ; chaque pilier est une formation cuticulaire engendrée par une cellule très profondément modifiée dont le noyau et le protoplasme sont encore visibles à la base du pilier (A et B, fig. 171).

Le pilier externe *e* de chaque arcade se continue extérieurement par un long prolongement percé de trous, et comme tous les organes de Corti sont placés à la suite les uns des autres depuis la base jusqu'au sommet de la membrane spirale, en se touchant très exactement, il en résulte que l'ensemble de leurs prolongements externes, percés de trous, forme une membrane continue et trouée que l'on appelle la *membrane réticulée* (5, fig. 171).

Il y a trois piliers externes pour quatre piliers internes ; au total, 4400 externes et 6000 internes, ce qui fait qu'une arcade repose à peu près sur deux cordelettes conjonctives de la membrane spirale.

Enfin sous la membrane réticulée se trouvent des grandes cellules à peu près cylindriques *a* (fig. 170) dont l'extrémité supérieure est munie de cils vibratiles qui passent par les orifices de la membrane réticulée, et font saillie dans l'endolymphe de la rampe cochléaire ; leur autre extrémité est enserrée par un buisson de ramifications nerveuses. Sur les coupes transversales comme celle que représente la figure 170 on trouve seulement trois ou quatre cellules ciliées *a* sous la membrane réticulée ; il y en a habituellement une autre *a* de l'autre côté de l'arcade.

Chaque buisson nerveux est l'épanouissement du prolongement protoplasmique d'une cellule nerveuse qui appartient au *ganglion spiral*, situé dans

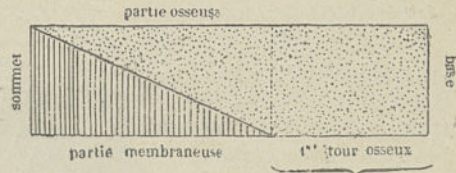


Fig. 170. — La lame spirale supposée étalée sur un plan horizontal.

la cloison osseuse même, sur le trajet d'un rameau particulier (*rameau cochléaire*) qu'envoie le nerf auditif. Ce rameau monte par l'axe creux de la columelle et ses filets en percent les parois par endroits pour pénétrer dans la cloison spirale et aller se terminer sous les arcades de Corti.

Par-dessus les cellules ciliées, il s'étend une membrane anhydre *r* (fig. 169) qui leur sert pour ainsi dire de toit et que l'on appelle la *membrane recou-*

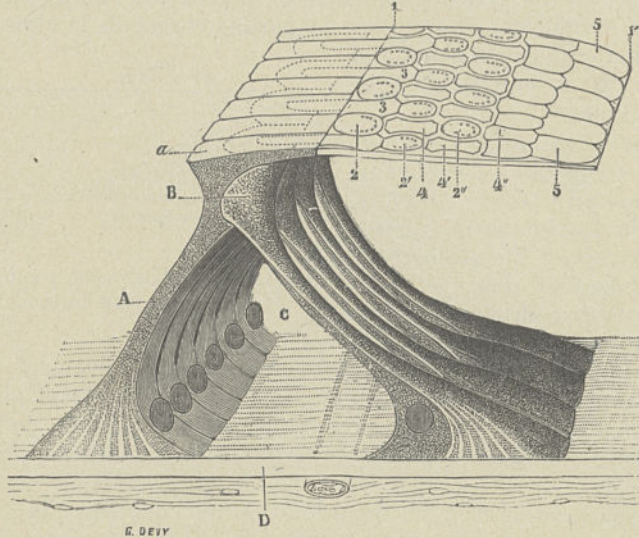


Fig. 171. — Les arcades de Corti et la membrane réticulée vue par sa face supérieure à vol d'oiseau (schématique) (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, pilier interne ou fibre interne de l'arcade de Corti, avec son noyau à sa base. — B, pilier externe avec son noyau à la base. — C, tunnel de Corti. — D, membrane basilaire. — M, membrane réticulée percée d'orifices 2, 2', 2'', pour les cils des cellules auditives.

vrante; elle limite une sorte de petite rampe C ou *rampe de Corti* qui communique librement avec la rampe cochléaire.

Rôle. — Les vibrations sonores qui se propagent dans l'endolymphe arrivent aux cellules ciliées de la rampe de Corti qui transmettent à leur tour leur ébranlement aux terminaisons nerveuses avec lesquelles elles sont en contact; le nerf auditif conduit finalement l'excitation au cerveau.

Le limaçon perçoit non seulement l'*intensité* des sons au même titre que les autres parties de l'oreille interne, mais encore leur *hauteur* et leur *timbre*; il nous fait par conséquent percevoir les sons musicaux. Mais nous ne savons rien de précis sur le mécanisme même de cette perception. C'est donc uniquement à titre de curiosité que nous signalons les deux hypothèses qui ont été émises à ce sujet :

1° On avait pensé en premier lieu que c'étaient les *arcades de Corti* qui recevaient les mouvements vibratoires et les communiquaient aux terminaisons nerveuses adjacentes. Ces arcades étant de longueur croissante de la base au sommet du limaçon, chacune d'elles vibrerait pour un son déterminé en rapport avec sa longueur; c'est ainsi que se serait faite la perception des sons musicaux. Cette théorie a été abandonnée le jour où l'on

a reconnu que les oiseaux, dont un grand nombre ont le sens auditif très musical, étaient cependant dépourvus d'organes de Corti ;

2° On a alors admis avec Helmholtz que ce sont les petites cordelettes conjonctives de la membrane spirale qui président à la perception de la hauteur des sons. On en compte, avons-nous dit, environ 6000, dont la longueur croît progressivement jusqu'au sommet et qui sont étendues parallèlement à la façon des cordes d'une harpe. On estime d'autre part qu'une oreille bien exercée est capable de percevoir 64 nuances par demi-ton ; la série des sons musicaux perceptibles s'étend sur 7 octaves ou 84 demi-tons, ce qui fait un total de $64 \times 84 = 5376$ tons différents que l'oreille serait capable de percevoir.

L'identité du chiffre des cordes et de celui des sons perceptibles, a fait penser que notre oreille possède une corde spéciale pour chaque son. Lorsqu'un son quelconque se produit, la cordelette correspondante à ce son entre en mouvement et communique son ébranlement aux buissons nerveux correspondants. Mais les choses sont sans doute beaucoup plus compliquées : les organes de Corti, en raison de leur constance chez tous les Mammifères, doivent certainement jouer un rôle particulier ; et d'autre part, il est bien vraisemblable que les ondes sonores qui se propagent dans l'endolymphe agissent directement sur les cellules ciliées et les buissons nerveux, avant d'atteindre les cordelettes situées dans l'épaisseur de la membrane spirale.

L'oreille perçoit non seulement l'intensité et la hauteur des sons, mais encore le timbre ; cette troisième qualité du son est due, comme on sait, aux sons partiels ou harmoniques qui accompagnent le son fondamental ; par l'exercice, nous arrivons à percevoir dans le son d'un instrument quelconque non seulement le son fondamental, mais encore un nombre variable des sons partiels qui l'accompagnent. L'oreille est ainsi capable d'analyser plus ou moins complètement les sons qui la frappent, à la différence des yeux qui ne perçoivent jamais que la résultante des différents rayons lumineux.

ORGANES AUDITIFS DANS LA SÉRIE ANIMALE

§ 1. **Invertébrés.** — Presque tous les Invertébrés possèdent des organes auditifs ; les groupes chez lesquels on n'en a pas trouvé jusqu'à présent sont assez peu nombreux ; ils manquent naturellement chez les *Protozoaires* qui sont unicellulaires ; on n'en connaît pas non plus chez les *Eponges*.

Mais il en existe chez les Méduses, certains Échinodermes et certains Vers, chez les Crustacés et chez les Mollusques. Chez tous ces animaux, les organes auditifs ont une structure uniforme : ce sont de petites vésicules ouvertes ou fermées, et en tous points semblables à celles que nous avons décrites précédemment chez les Mollusques et les Crustacés (fig. 157) ; toutes possèdent des cellules ciliées avec un ou plusieurs otolithes. Ces vésicules sont généralement situées à la surface du corps, excepté chez les Mollusques où elles sont toujours situées très profondément au-dessous de l'œsophage et même dans le pied (moule).

Les *Insectes* possèdent des organes auditifs construits sur un plan tout à fait différent, et on ne les connaît d'ailleurs que chez un très petit nombre d'espèces. En certains endroits la peau forme une membrane rigide qui est une sorte de tympan, recevant directement les vibrations sonores de l'air et

les communiquant à des cellules nerveuses dont il est séparé par un petit ballon rempli d'air (traché renflée) qui joue le rôle de caisse tympanique. On a trouvé de ces *organes tympaniques* à droite et à gauche du premier anneau abdominal des Criquets et sur les tibias des pattes antérieures des Sauterelles et des Grillons.

Ce qui est le plus répandu chez les Insectes, ce sont de simples cellules nerveuses isolées ou en petits amas (*cellules chordotonales*), réparties un peu partout sous les téguments et qui reçoivent directement de ceux-ci les vibrations extérieures ; les Insectes entendraient en somme par toute la surface de leur corps.

§ 2. **L'oreille chez les Vertébrés.** — La partie fondamentale de l'organe auditif est constituée chez tous les Vertébrés, comme chez l'homme, par une *oreille interne* qui apparaît toujours pendant la vie embryonnaire sous la forme d'un petit sac ectodermique comparable à un otocyste de Mollusque.

Dans le cours du développement, ce petit sac grandit, s'étrangle en deux autres comme chez nous et se complique en formant un certain nombre de diverticules ; mais les complications ne sont pas toutes les mêmes ; elles sont de plus en plus importantes à mesure qu'on s'élève des Poissons aux Mammifères.

C'est ainsi que le sac primitif ou *vestibule* s'étrangle en deux autres, le *sacculle* et l'*utricule* chez tous les Vertébrés sans exception ; il se développe aussi généralement trois canaux demi-circulaires qui débouchent dans l'utricule ; mais le limaçon n'est qu'un tout petit tube terminé en cul-de-sac chez les Poissons et les Batraciens ; il est un peu plus allongé chez les Reptiles, et chez les Oiseaux il arrive à faire à peu près un tour ; enfin il atteint son maximum chez les Mammifères, où il fait toujours plus d'un tour : un et demi chez la baleine, deux et demi chez l'homme et le lapin, quatre chez le porc, etc. (fig. 172 et 173).

Quant à l'oreille moyenne et à l'oreille externe, ce ne sont jamais, comme nous l'avons déjà dit, que des parties accessoires dont le rôle consiste à recueillir et à transmettre à l'oreille interne les vibrations *de l'air extérieur* ; ces appareils de collection et de transmission *ne s'observent que chez les Vertébrés vivant dans l'air*. Ils font défaut chez les animaux aquatiques, qui se trouvent ainsi réduits à leur oreille interne ; celle-ci est toujours située à fleur de peau et reçoit directement les vibrations propagées dans l'eau, qui est d'ailleurs meilleure conductrice que l'air.

Par contre l'appareil de collection et de transmission constitué par l'oreille externe et l'oreille moyenne est d'autant plus développé que le Vertébré est mieux adapté à la vie aérienne, ce qui fait qu'il présente une complication régulièrement croissante jusqu'aux Mammifères.

Ainsi : 1° chez les *Poissons* et les *Batraciens urodèles* (tritons, salamandres) qui sont aquatiques, l'organe auditif est réduit à l'oreille interne qui est située immédiatement au-dessous de la peau, laquelle est d'ailleurs très amincie à cet endroit (fig. 172 et 173).

2° Chez les *Batraciens anoures* (grenouille, crapaud), les *Reptiles* et les *Oiseaux* qui tous respirent l'air extérieur, il apparaît une oreille moyenne pourvue d'une chaîne à deux osselets et d'un tympan situé à fleur de peau.

3° Chez les Mammifères, enfin, les parties accessoires atteignent leur

maximum de complication; on trouve, comme chez l'homme, une oreille moyenne avec quatre osselets et un conduit auditif externe terminé par un pavillon qui est souvent en forme de cornet acoustique (cheval, ruminants, etc.).

Ces considérations générales étant données, voici maintenant la disposition de l'organe auditif dans chacune des classes des Vertébrés.

§ 1. **Classe des Poissons.** — Ce sont eux qui ont les organes auditifs les plus simples. Chaque organe est essentiellement constitué par un *vestibule* étranglé en deux compartiments, le *sacculé* et l'*utricule* (fig. 172). Le sacculé n'envoie, comme limaçon, qu'un diverticule très court, la *lagéna* (*lagena*, bouteille) qui ne joue aucun rôle.

Mais l'utricule envoie toujours *trois canaux demi-circulaires* placés dans les trois directions de l'espace; seuls les *Cyclostomes* (*lamproies*, poissons à bouche tout à fait antérieure et arrondie, disposée pour la succion) ne possèdent que deux canaux.

L'oreille interne, ainsi constituée, est située en dedans de la peau et reçoit par l'intermédiaire des parties avoisinantes les mouvements vibratoires qui se propagent dans l'eau, *sans qu'il y ait besoin ni de caisse tympanique, ni d'oreille externe.*

Certains Poissons, en particulier les *Cyprinoides* (carpes, poissons rouges, etc.), ont leur vésicule auditive située assez loin de la peau et elle présente la particularité d'être mise en relation avec la vessie natatoire par une chaîne d'osselets dont le rôle n'est pas d'ailleurs nettement établi; peut-être cette chaîne permet-elle au poisson de se rendre compte du degré de plénitude de sa vessie natatoire. En tout cas, cette chaîne d'osselets n'est nullement comparable à celle de l'oreille moyenne de l'homme: c'est une formation tout à fait spéciale engendrée par des pièces appartenant aux quatre premières vertèbres et à leurs apophyses.

§ 2. **Classe des Batraciens.** — Il y a lieu de distinguer parmi les Batraciens deux groupes bien distincts pour ce qui concerne l'organisation de l'appareil auditif:

1° Les *Batraciens urodèles* (protée, triton, salamandre) qui conservent leur queue à

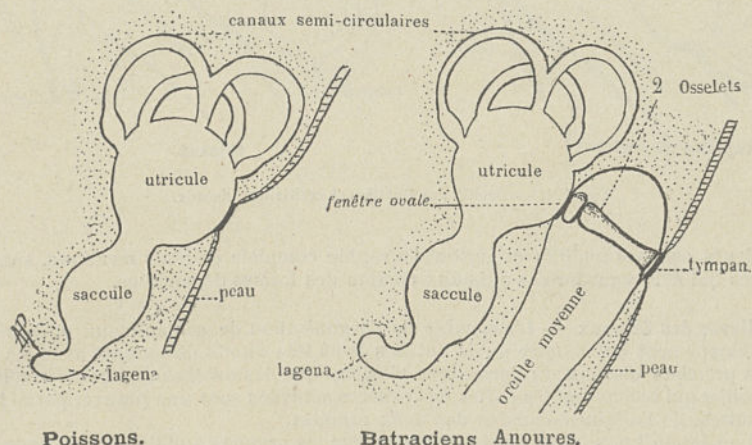


Fig. 172. — Oreille schématique des Poissons et des Batraciens.

l'état adulte et vivent exclusivement dans l'eau ou au moins dans des lieux humides. Leur oreille est constituée exactement comme celle des Poissons (fig. 172).

2° Les *Batraciens anoures* (grenouille, crapaud) qui ne possèdent plus de queue à l'état adulte et prennent de très bonne heure des poumons qui les obligent à respirer l'air extérieur. Aussi un appareil de transmission des vibrations externes fait-il son apparition: il consiste dans une *oreille moyenne*, qui est toutefois un peu plus simple que celle des Mammifères, car la chaîne des osselets n'est formée que de deux pièces, l'*opercule* et la *columelle* (fig. 172). Cette chaîne implique naturellement l'existence d'une *fenêtré ovale* contre

laquelle s'applique l'opercule, et d'une membrane du tympan contre laquelle s'appuie l'extrémité de la *columelle*. Le tympan est placé immédiatement sous la peau et son emplacement est indiqué par une très légère dépression circulaire des téguments.

§ 3. *Classe des Reptiles.* — Tous ces animaux sont munis de poumons et sont dans l'obligation de sortir au moins la tête de l'eau pour respirer, de sorte que leurs organes auditifs sont pourvus d'un appareil de transmission des vibrations sonores. Cet appareil est constitué exactement comme celui des Batraciens anoures, c'est-à-dire qu'il est réduit à une caisse tympanique possédant un tympan et une chaîne de deux osselets (fig. 173).

Les Reptiles possèdent donc une *oreille interne* et une *oreille moyenne*. Notons en outre que le diverticule du saccule est un peu plus allongé que chez les deux classes précédentes et qu'il forme un *limaçon* rudimentaire dont l'extrémité est un peu renflée et porte seule le nom de *lagénule*. De plus une fenêtre ronde fait son apparition en raison de l'existence de ce limaçon rudimentaire.

A citer une exception : les serpents (ordre des *Ophidiens*), bien que mieux adaptés à la vie aérienne que les Crocodiles ou certaines Tortues, sont cependant complètement dépourvus d'oreille moyenne et ne possèdent absolument que leur labyrinthe. Cette réduction

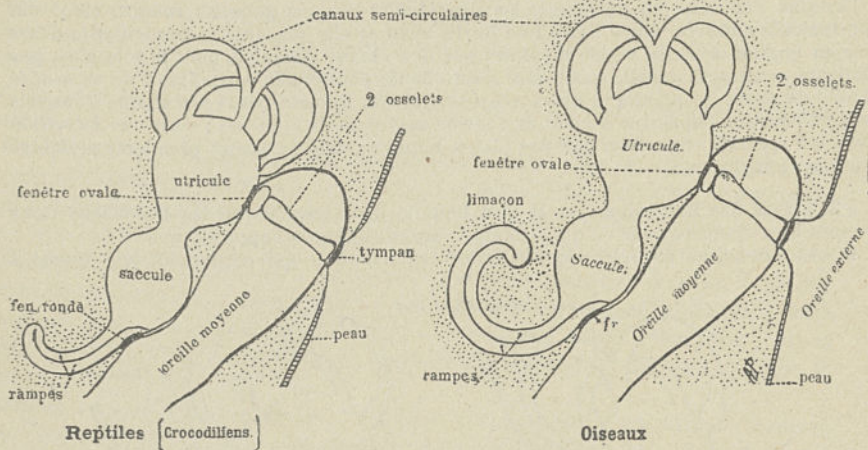


Fig. 173. — Oreille des Reptiles et oreille des Oiseaux.

tion de leurs organes auditifs et surtout l'atrophie complète de leurs membres, sont des caractères qui font regarder ces animaux comme des formes dégénérées.

§ 4. *Classe des Oiseaux.* — L'ensemble de l'organisation de ces animaux et l'étude de leur développement ont montré qu'ils ont des liens très étroits de parenté avec les Reptiles ; les premiers oiseaux du Jurassique n'étaient que des espèces de lézards emplumés et les écailles qui recouvrent les pattes des espèces actuelles sont une preuve, parmi beaucoup d'autres, de l'origine commune des deux groupes.

Aussi ne sera-t-il pas étonnant de constater que les organes auditifs des Oiseaux sont constitués dans leur ensemble comme ceux des Reptiles, avec une *oreille interne* et une *oreille moyenne*.

Nous noterons toutefois une différenciation un peu plus accusée de l'oreille interne : le *limaçon* est plus développé que celui des Reptiles et décrit à peu près un tour. Il est de même divisé en deux rampes, vestibulaire et tympanique, par une cloison spéciale, moitié osseuse et moitié membraneuse. Son sommet a encore la forme d'un petit renflement, la *lagénule*.

Les fibres de Corti manquent dans le limaçon, et c'est ce qui a fait abandonner la théorie qui attribuait à ces organes la perception de la hauteur des sons, car les Oiseaux, dont beaucoup sont d'excellents chanteurs, doivent certainement posséder la faculté de percevoir les sons musicaux.

L'oreille moyenne est à peu près la même que chez les Reptiles : elle comprend tou-

jours une chaîne de deux osselets ; une fenêtre ovale et une fenêtre ronde, cette dernière séparant comme toujours la caisse tympanique de la rampe tympanique du limaçon.

Mais nous noterons que le tympan se trouve au fond d'une dépression de la peau qui est un commencement de conduit auditif externe ; quant au pavillon, il fait défaut, excepté chez les Oiseaux nocturnes (grand-duc, hulotte) qui ont l'ouïe très fine et possèdent un petit pavillon charnu, recouvert d'une touffe de plumes plus grandes que celles du voisinage.

§ 5. **Classe des Mammifères.** — Ce sont eux qui possèdent les organes auditifs les plus différenciés et les mieux adaptés à la perception des ondes extérieures.

L'oreille interne présente chez tous la même disposition que chez l'homme ; le limaçon fait toujours plus d'un tour, un et demi chez les baleines, deux et demi chez l'homme et le lapin, quatre chez le porc, etc. : il possède les mêmes rampes et la même structure générale que l'oreille humaine.

L'appareil de transmission chez les différents Mammifères est également organisé comme celui de l'homme, c'est-à-dire que l'*oreille moyenne* possède une chaîne d'osselets formée de quatre pièces, et que l'*oreille externe* comprend toujours un conduit auditif externe et un pavillon destiné à servir d'appareil collecteur des sons ; ce pavillon a très fréquemment la forme d'un cornet que l'animal peut incliner à volonté dans la direction d'où vient le son, à l'aide de muscles qui sont situés dans le pavillon lui-même.

Ajoutons que les *Cétacés* (baleine, marsouin, dauphin) et les *Amphibiens* (phoque et morse) étant des Mammifères qui se sont adaptés à la vie aquatique, sont dépourvus de pavillon ou bien n'en possèdent qu'un très rudimentaire, constitué par un petit repli de la peau. De plus leur caisse du tympan est souvent énorme, et il est vraisemblable que l'air qui la remplit sert d'intermédiaire pour la transmission des vibrations sonores, de sorte que l'animal les perçoit non seulement par son tympan, mais encore par toute la surface des os du crâne.

LIVRE IV

FONCTIONS DE NUTRITION

SUBDIVISIONS DE LA NUTRITION

La matière vivante ou protoplasme est fonction du milieu extérieur ; elle lui emprunte constamment des éléments particuliers, qualifiés d'*aliments*, qu'elle s'incorpore et qu'elle utilise dans les réactions chimiques continues dont elle est le siège. Le protoplasme se détruit sans cesse dans ces réactions et se régénère sans cesse aux dépens des aliments qu'il puise au dehors et qu'il transforme très profondément pour en faire de la nouvelle matière vivante.

Si l'on considère comme *aliments* tout ce que l'organisme emprunte au milieu extérieur, l'oxygène que nous absorbons en respirant sera un véritable aliment d'une nature spéciale, qui détermine dans l'organisme des oxydations parfois très complexes *avec production d'une certaine quantité de chaleur* dont une partie entretient la température du corps, tandis que l'autre est utilisée comme source d'énergie pour les mouvements.

La vie cesse quand toutes ces réactions s'arrêtent, et il y a plus d'un siècle que Lavoisier a pu dire que « la vie n'est qu'une série d'actions chimiques ».

Seulement le protoplasme ne peut absorber les matières alimentaires et se les assimiler qu'à la condition qu'elles se présentent sous une certaine forme chimique parfaitement déterminée. C'est ainsi que ceux qui sont à base d'amidon ne sont assimilables que s'ils ont été transformés au préalable en sucre de *glucose*. Le sucre ordinaire, qui est du *saccharose*, n'est absorbé que s'il est transformé également en sucre de *glucose*, etc.

Or, il existe chez la plupart des animaux et particulièrement chez l'homme des organes spéciaux dont l'ensemble constitue l'*appareil digestif* et qui ont pour fonction de sécréter des liquides agissant chimiquement sur des catégories déterminées d'aliments, pour leur donner la forme chimique sous laquelle ils seront ensuite absorbables par le protoplasme. Une fois qu'ils sont ainsi transformés, on dit qu'ils sont *digérés* et les changements qu'ils ont éprouvés constituent le phénomène de la *digestion*.

En second lieu, une fois que les aliments sont liquéfiés et digérés, ils pénètrent dans le sang qui se charge de les distribuer alors dans chaque organe et de les conduire pour ainsi dire au contact de chaque cellule vivante, qui absorbera ce dont elle aura besoin. Cette distribution se fait par une foule de petits canaux ou vaisseaux dont l'ensemble constitue l'*appareil circulatoire*, et le phénomène lui-même s'appelle la *circulation*.

En troisième lieu, l'oxygène du milieu extérieur, qui est également un

élément indispensable à la vie cellulaire, s'accumule à chaque instant dans des réservoirs spéciaux, les poumons, où le sang va le chercher pour le distribuer dans tout l'organisme en même temps que les substances alimentaires liquides qui ont été digérées. Cette absorption d'oxygène du milieu extérieur constitue le phénomène de la *respiration*, et les sacs ou poumons dans lesquels ce gaz s'accumule avant de passer dans le sang, forment la partie fondamentale de l'*appareil respiratoire*.

Enfin, si les réactions variées et complexes dont le protoplasme est constamment le siège, assurent sa régénération à mesure qu'il se détruit et provoquent la synthèse de produits utiles à l'organisme, tels que les liquides digestifs, en retour il s'y forme aussi de véritables produits d'usure ou de déchets, et ces substances d'*excrétion*, comme on les appelle, ne pourraient s'accumuler dans l'organisme sans y amener des désordres graves. Nous possédons précisément un certain nombre d'organes tels que les reins, le foie, etc., qui ont pour fonction spéciale d'éliminer ces déchets et de procéder ainsi à une épuration régulière de l'organisme. On les appelle des organes d'*excrétion*.

Comme conclusion, nous voyons que la *nutrition* comprend quatre grandes fonctions bien distinctes : 1° la *digestion* ou transformation chimique qu'éprouvent les aliments pour acquérir la forme sous laquelle ils deviennent absorbables par la matière vivante ; — 2° la *respiration* ou absorption de l'aliment gazeux, l'oxygène, que nous fournit le milieu extérieur ; — 3° la *circulation*, qui assure la distribution dans l'organisme des aliments digérés et de l'oxygène ; — 4° enfin la fonction d'*excrétion*, qui comprend l'élimination à l'extérieur des substances de déchet engendrées à chaque instant dans les éléments vivants.

Nous allons étudier successivement chacune de ces fonctions, et dans un chapitre spécial, celui de la *nutrition générale*, nous établirons comment elles se coordonnent pour assurer la vie et la croissance de l'être.

CHAPITRE PREMIER

DIGESTION

§ 1. **Phénomènes généraux de la digestion.** — La digestion consiste essentiellement dans certaines transformations qu'éprouvent les aliments pour acquérir l'état particulier sous lequel ils sont assimilables par le protoplasme. Ces transformations sont presque toujours de nature chimique ; elles sont produites par des liquides spéciaux que sécrètent divers organes dont l'ensemble constitue l'*appareil digestif*. Tels sont la salive, le suc gastrique sécrété par l'estomac, le suc intestinal sécrété par l'intestin, etc. Ils ont une origine interne, c'est-à-dire qu'ils sont le résultat de l'activité chimique du protoplasme de certaines cellules des organes digestifs, dont ils s'échappent ensuite pour se déverser sur les aliments.

Pour qu'un aliment soit digéré, c'est-à-dire pour qu'il possède la forme sous laquelle le protoplasma cellulaire peut se l'assimiler, *il ne suffit pas qu'il soit liquide*. Ainsi l'eau sucrée ordinaire, qui est du suc de *saccharose* $C^{12}H^{22}O^{11}$, n'est assimilée que si elle est transformée au préalable en une autre espèce de sucre, la *glucose* $C^6H^{12}O^6$. Injectée directement dans les veines, c'est-à-dire fournie directement aux tissus sans qu'elle se mélange préalablement aux liquides digestifs, cette eau sucrée n'est pas absorbée et est rejetée tout entière à l'extérieur par les urines. Il en est de même de l'*albumine* ou blanc d'œuf ; si on l'injecte directement dans le sang, elle est également éliminée par les urines, tandis qu'en passant par l'estomac, elle y subit l'action du *suc gastrique* qui la transforme chimiquement en une autre substance soluble et assimilable désignée sous le nom de *peptone*, après quoi celle-ci n'aura plus qu'à traverser les parois de l'intestin pour passer dans le sang. Ainsi transformée, on dit que l'albumine est *digérée*.

Il n'y a guère que l'eau, les solutions minérales, les acides organiques et les sucres de glucose qui soient absorbés sans subir de modifications préalables.

§ 2. **Ferments digestifs.** — Les principes essentiellement actifs des liquides digestifs sont des substances albuminoïdes particulières qui s'y trouvent en dissolution et auxquelles on donne indifféremment le nom de *ferments solubles*, *diastases*, *zymases* ou *enzymes*. On ignore leur composition chimique précise parce qu'il n'a pas encore été possible de les préparer à l'état de pureté ; elles paraissent être de nature azotée.

L'alcool fort les précipite des liquides digestifs et c'est sur cette propriété que l'on se base pour les isoler. Par exemple du suc gastrique traité par dix fois son poids d'alcool laisse précipiter une poudre jaunâtre qui est le principe actif de ce suc gastrique et que l'on peut redissoudre ensuite dans

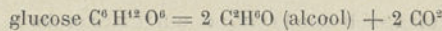
l'eau. Les zymases sont en effet solubles dans l'eau et dans la glycérine ; un moyen pratique d'obtenir une solution active est par conséquent de faire macérer dans l'un de ces liquides un fragment de tissu produisant une diastase.

L'action des enzymes varie avec la température ; elle est très faible ou même nulle à 0° ; elle augmente progressivement et atteint son maximum entre 40° et 60° ; l'eau bouillante l'arrête complètement.

Enfin elles sont encore caractérisées par la puissance de leur action ; elles agissent à une très faible dose, c'est-à-dire qu'elles sont capables, sous une très faible proportion, de modifier chimiquement une quantité relativement considérable des substances sur lesquelles elles agissent. Et ce qu'il y a de très singulier, c'est que ces diastases ne paraissent pas se détruire ni se décomposer au cours des réactions qu'elles provoquent. Elles agissent comme ces agents *catalytiques* qui ont la propriété de déterminer *par leur seule présence* certaines réactions qui ne les atteignent pas eux-mêmes ; des exemples classiques nous en sont fournis par la mousse de platine en présence de laquelle l'hydrogène et l'oxygène se combinent ensemble à la température ordinaire, puis par l'amidon qui, traité par de l'acide sulfurique étendu, s'hydrate et se transforme en sucre de glucose sans que l'acide intervienne autrement que par sa seule présence.

Jusque dans ces derniers temps on a distingué deux grandes catégories de ferments, les *ferments solubles* dont nous venons de parler et les *ferments figurés*. Tandis que les premiers sont des substances liquides, sécrétées par des cellules de l'organisme, les *ferments figurés* étaient regardés comme organismes microscopiques, bactéries ou champignons qui pullulent en particulier dans toutes les matières en décomposition. Mais les expériences récentes de Büchner démontrent que la catégorie des ferments figurés ne doit plus être maintenue parce qu'ils n'agissent en réalité que par les diastases qu'ils sécrètent. Pour préciser ces faits, exposons brièvement la *fermentation alcoolique*.

La levure de bière qui se développe dans les cuves servant à la fabrication de la bière, est un champignon microscopique formé de petites cellules ovoïdes, isolées ou réunies en chapelets, et mesurant 8 à 9 μ de longueur. Lorsqu'on met dans un flacon bouché une certaine quantité de cette levure en même temps que de la glucose, les cellules décomposent le sucre en deux produits principaux : *alcool éthylique* qui reste dans le liquide et *anhydride carbonique* qui se dégage.



C'est le principe de la fabrication de l'alcool aux dépens des liquides sucrés.

Pasteur expliquait cette réaction en disant que la levure, une fois enfermée dans le flacon à l'abri de l'air, a la propriété de décomposer la glucose en différents produits, *alcool*, CO^2 , *glycérine*, *acide succinique*, etc., et même un peu d'oxygène qu'elle utilise pour sa respiration. Ce serait uniquement pour résister à l'asphyxie et trouver de l'oxygène, que la levure provoquerait toute cette série de décompositions.

L'expérience de Büchner (1897) montre que la véritable interprétation de ces faits est toute différente :

Il triture de la levure de bière avec du sable très fin de façon à détruire complètement les cellules. Puis il filtre la bouillie ainsi préparée sous une pression de plusieurs centaines d'atmosphères. Le liquide ainsi obtenu, mélangé avec de la glucose, *détermine le dédoublement de cette dernière en alcool et CO^2* . La fermentation alcoolique n'est donc pas

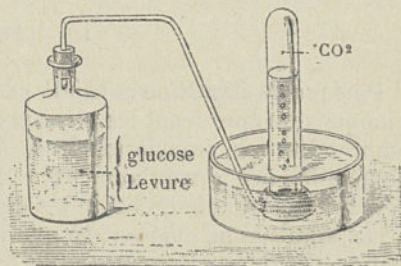
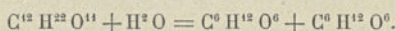


Fig. 174. — Expérience de la fermentation alcoolique.

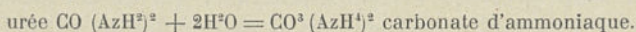
causée par la nécessité qu'auraient les cellules de se procurer de l'oxygène pour leur respiration ; elle n'est pas le résultat d'une résistance à l'asphyxie ; elle est tout simplement due à une *diastase* ou *ferment soluble* que sécrètent les cellules elles-mêmes et qui se forme surtout quand celles-ci se trouvent dans une atmosphère confinée.

Cette diastase dédoublante n'est d'ailleurs pas la seule que sécrètent les cellules de la levure de bière ; Berthelot en a extrait une autre, l'*invertine* qui a la propriété d'hydrater le sucre de saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$ et de le dédoubler en deux molécules isomères de glucose et de lévulose $C^6H^{12}O^6$, d'après la formule :



Si dans l'expérience de la fermentation alcoolique on remplace la glucose par de la saccharose, celle-ci est d'abord dédoublée par l'*invertine* en glucose et en lévulose, après quoi la diastase de la fermentation alcoolique dédouble ces deux sucres en alcool et en anhydride carbonique.

Autre exemple : l'urine abandonnée à elle-même laisse dégager des vapeurs de carbonate d'ammoniaque. C'est qu'il s'y développe des bactéries sphériques apportées par les poussières de l'air, les *urocoques*, qui hydratent l'urée de l'urine et la transforment en carbonate d'ammoniaque d'après la réaction :



L'hydratation est encore déterminée ici par une diastase ou *uréase* sécrétée par les urocoques, car si l'on filtre une culture de ces bactéries pour en isoler le liquide sécrété, ce dernier, à lui seul, est parfaitement capable de transformer l'urée en carbonate d'ammoniaque.

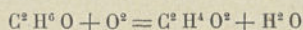
Il est donc naturel, après ces expériences, de ne plus admettre que la catégorie des *ferments solubles*, puisque les *ferments figurés* ou *cellulaires* n'agissent en réalité que par les diastases qu'ils sécrètent.

§ 3. Classification des ferments. — On peut distinguer quatre catégories de ferments d'après leur action :

1° Les *ferments dédoublants* comme le premier ferment de la levure de bière qui dédouble la glucose en alcool et en CO^2 ;

2° Les *ferments hydratants* ou *hydrolisants* tels que le second ferment ou *invertine* de la levure qui hydrate la saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$, puis la dédouble en glucose et lévulose ;

3° Les *ferments oxydants* ou *oxydases* qui fixent de l'oxygène sur la matière fermentescible ; ainsi les bactéries du vinaigre (*Micrococcus aceti*) oxydent l'alcool qu'elles transforment en acide acétique :



4° Les *ferments coagulants* tels que la *présure* qui fait coaguler la caséine du lait, le ferment qui détermine la coagulation du sang, etc.

I. — LES ALIMENTS

Puisque la digestion consiste essentiellement dans les transformations chimiques qu'éprouvent les aliments sous l'action des liquides digestifs, pour comprendre ces transformations, il faut donc étudier successivement la composition des divers aliments et l'organisation des différentes parties de l'appareil digestif chargées de les digérer.

Les aliments se classent en quatre grandes catégories d'après leur composition chimique : 1° les *aliments ternaires* dans la composition desquels il entre trois éléments, C. H. O., combinés en proportions variables ; — 2° les *aliments quaternaires* ou *azotés* formés de quatre éléments fondamentaux, C.H.O.Az ; — 3° les *sels minéraux* ; — 4° les *boissons*.

§ 1. Les aliments ternaires. — Ils se subdivisent en trois catégories bien

distinctes qui nous sont fournies soit par le règne animal, soit par le règne végétal : les *sucres*, les *féculents* et les *graisses*.

1° *Les sucres*. — Ils sont produits à peu près en totalité par les végétaux ; il y en a de plusieurs sortes différant par leurs propriétés et leur composition. Ce sont :

α. La *glucose* ($C^6H^{12}O^6$) qui se trouve dans les raisins ; — β. La *lévulose* ($C^6H^{12}O^6$) qui se trouve dans les autres fruits et qui se distingue de la glucose parce qu'elle n'a pas la même action sur la lumière. Ces deux catégories de sucres sont *directement assimilables* ; elles n'ont pas à subir de digestion préalable ; — γ. la *saccharose* ($C^{12}H^{22}O^{11}$) qui s'extrait de la betterave et de la canne à sucre et qui se transforme toujours en glucose et en lévulose au cours de la digestion ; — δ. Le *sucré de lait* ($C^{12}H^{22}O^{11}$) qui existe en proportion variable dans le lait des mammifères : 52 p. 1000 dans le lait de vache, 60 à 70 p. 1000 dans le lait d'ânesse, 48 p. 1000 dans le lait de chèvre. Ce sucre se transforme également en glucose au cours de la digestion.

2° *Les aliments féculents*. — On désigne sous ce nom les aliments qui sont essentiellement constitués par la *fécule* ou *amidon* ($C^6H^{10}O^5$). Ils nous sont fournis surtout par de nombreuses graines (riz, haricot, lentille, pois, blé) ou par des tubercules (pomme de terre). Le pain renferme environ 60 p. 100 d'amidon, le riz 75 p. 100, les légumes farineux de 50 à 60 p. 100, etc.

Le foie des animaux renferme une petite quantité d'un amidon spécial appelé *amidon animal* ou *glycogène* ($C^6H^{10}O^5$)¹⁰.

La cellulose qui constitue les parois des tissus végétaux (chou, salade, carotte, etc.), a aussi une composition chimique voisine de celle de l'amidon ; il est vrai que cette substance est assez difficilement attaquable par les liquides digestifs et ne possède par conséquent qu'un faible pouvoir nutritif, mais elle aurait une influence mécanique sur la digestion en excitant les contractions de l'intestin par sa dureté et en empêchant ainsi la constipation ; des lapins nourris sans la moindre trace de cellulose meurent d'une inflammation intestinale ; la marche des aliments est enrayée ; elle reprend si on ajoute un peu de cellulose aux aliments.

Les *sucres* et les *féculents* sont couramment désignés sous le nom d'*hydrates de carbone* parce que leur hydrogène et leur oxygène y sont combinés dans les mêmes proportions que dans l'eau ; ainsi la *glucose* $C^6H^{12}O^6$ peut s'écrire $C^6(H^2O)^6$; la *saccharose* $C^{12}H^{22}O^{11}$ peut s'écrire $C^{12}(H^2O)^{11}$. Tous ces hydrates de carbone doivent être transformés en sucre de glucose ou de lévulose au cours de la digestion pour pouvoir être absorbés.

3° *Les aliments gras*. — Il nous sont fournis d'abord par la graisse qui accompagne toujours en quantité variable les viandes dont nous nous alimentons ; nous en retirons également de certaines graines (huile de noix, de colza) ou même de quelques fruits (huile d'olive). Le *jaune d'œuf* est également de la matière grasse accompagnée d'une graisse phosphorée, la *lécithine*, qui est d'ailleurs très répandue dans tous les tissus animaux, muscles, plasma sanguin, lait, foie (2 à 3 p. 100) et surtout dans la matière cérébrale (11 p. 100).

La *crème du lait* est composée de très fines gouttelettes graisseuses que l'on fait prendre en masse par le battage et que l'on transforme ainsi en

beurre. Le cacao, qui entre dans la fabrication des chocolats, renferme 52 p. 100 de graisse.

Enfin beaucoup de fruits (poires, pommes, oranges, citrons, etc.), nous fournissent encore des acides (a. citrique, a. malique, etc.), qui ont une action rafraîchissante et sont également des composés ternaires.

§ 2. **Les aliments quaternaires.** — Dans leur composition il entre quatre corps simples fondamentaux, C. H. O. Az, combinés en proportions variables. Ils renferment même généralement un peu de soufre et de phosphore. On les appelle encore couramment *aliments azotés* ou encore *aliments albuminoïdes*, parce que le type des aliments de cette catégorie est le blanc d'œuf ou *albumine*.

Nous avons vu dans l'étude de la cellule que la matière essentiellement vivante d'un organisme végétal ou animal, c'est-à-dire le protoplasme, est toujours de nature albuminoïde, de sorte que l'absorption d'une portion de n'importe quel organe vivant, végétal ou animal, nous fournit toujours une quantité plus ou moins grande de matière azotée.

Les principaux aliments albuminoïdes sont : 1° l'*albumine* ou blanc d'œuf ; 2° la *caséine*, matière azotée dissoute dans le lait qui se coagule pour donner le fromage sous l'action de la *présure* extraite de l'estomac des veaux ; 3° la *musculine*, nom sous lequel on désigne spécialement la substance constitutive des fibres musculaires formant la chair rouge des animaux ; 4° la *gélatine* que l'on obtient en soumettant à une ébullition prolongée les os et les tendons ; 5° la *chondrine*, très voisine de la gélatine et qui s'obtient par l'ébullition des cartilages ; 6° le *sang* ; 7° les *grains d'aleurone*, petits grains sphériques ou ovoïdes dont sont bourrées les cellules de certaines graines et qui y représentent une véritable réserve azotée, destinée, tout comme l'amidon de ces mêmes graines, à l'alimentation des jeunes pousses au moment de la germination, alors que les racines font encore défaut. On peut les regarder comme du protoplasme déshydraté et mis en réserve. Les haricots, les lentilles et les fèves en renferment jusqu'à 27 p. 100, quantité supérieure à la matière azotée de la viande de boucherie, ce qui explique la très grande valeur nutritive de ces graines. L'*embryon* du grain de blé en renferme 60 p. 100 de son poids. Le *gluten* est la matière azotée du pain (14 p. 100).

Toutes les matières albuminoïdes, solubles ou non, pour devenir assimilables, doivent être transformées au préalable en une autre sorte d'albumine qui porte le nom de *peptone* et qui a pour caractères de ne pas se coaguler par la chaleur, de traverser les membranes minces comme l'épithélium intestinal et d'être assimilable par les tissus.

Classification des substances albuminoïdes ou protéines. — On désigne sous le nom général de *protéines* un grand nombre de substances faisant partie intégrante des organismes animaux ou végétaux et qui sont essentiellement composées de C. H. O. Az et S. Ces corps sont nombreux, généralement mal définis quant à leur composition chimique et par conséquent difficiles à classer¹. On les divise, dans l'état actuel de nos connaissances, en *substances albuminoïdes naturelles* qui existent dans les liquides et les tissus animaux et en *matières albuminoïdes de transformation*.

¹ La classification ci-jointe est conforme aux décisions du *Congrès international de Physiologie* de Heidelberg en 1907.

1° Les *matières albuminoïdes naturelles* telles que le blanc d'œuf, la fibrine et le fibrinogène du sang, la myosine des muscles sont des substances *colloïdes*, c'est-à-dire privées de la propriété de traverser les membranes de papier parcheminé; les acides y déterminent des précipités solubles dans un excès d'acide, l'alcool et le tannin les précipitent également; enfin la chaleur les coagule vers 70° et le coagulum n'est plus soluble dans l'eau.

Dans ces albuminoïdes naturelles on distingue les *albumines* et les *globulines*. Parmi les *albumines* se trouvent le blanc d'œuf ou ovalbumine, l'albumine du lait, des muscles, du protoplasme; elles ont pour caractères d'être solubles dans l'eau distillée et de ne pas précipiter par le sulfate d'ammoniaque. Dans les *globulines* se rangent la myosine des muscles, le fibrinogène et la fibrine du sang, l'ovovitelline ou matière azotée du jaune d'œuf (16 p. 100); elles sont insolubles dans l'eau distillée et entièrement précipitables par le sulfate d'ammoniaque.

Toutes ces matières albuminoïdes se colorent en *violet pourpre* quand on les traite à chaud par un excès d'alcali et des traces de sulfate de cuivre (*réaction du biuret*).

2° Les *substances albuminoïdes de transformation* sont des produits que l'on obtient en traitant les albuminoïdes naturelles par certaines substances chimiques. Ainsi si l'on fait agir sur elles du suc gastrique ou du suc pancréatique vers 40°, ou bien encore des alcalis ou des acides étendus à la température de l'ébullition, ces albuminoïdes naturelles sont transformées en une série d'autres matières albuminoïdes assez mal définies, qui ne sont peut-être que des mélanges complexes et que l'on appelle des *protéoses*. Leurs propriétés sont tout à fait différentes de celles des albuminoïdes naturelles, *parce qu'elles ne se coagulent pas par l'ébullition et qu'elles ne sont pas précipitées par les acides minéraux, même à l'ébullition*.

On s'accorde généralement aujourd'hui à diviser les protéoses en deux grands groupes: les *protéoses vraies* et les *peptones*. Les premières sont totalement précipitées à l'ébullition par le sulfate d'ammoniaque ou encore par l'acide picrique et la liqueur de Brücke (solution d'iodure de mercure et de potassium) acidulée par HCl. Les *peptones* ne sont précipitées par aucun de ces réactifs; elles sont osmosables et par conséquent très propres à l'absorption intestinale, tandis que la plupart des autres substances albuminoïdes solubles sont colloïdes; il n'y a guère que les nucléo-albumines des œufs d'oiseaux et les albumines du sang d'un animal de la même espèce qui puissent être directement absorbées et assimilées.

Tous les albuminoïdes sont transformés en *peptones* par le suc gastrique et le suc pancréatique et sont dès lors assimilables.

Deux autres catégories de substances azotées se rapprochent des albuminoïdes précédents, les *protéïdes* et les *albumoïdes*.

1° Les *protéïdes* ou *phosphoprotéïnes* résultent de la combinaison d'albumines avec d'autres matières complexes dans lesquelles il entre du phosphore. C'est à cette catégorie qu'appartient d'abord la *caséine* du lait que le *lab* ou *présure* coagule en un albuminoïde insoluble en respectant une autre albumine soluble du lait; puis la *nucléïne phosphorée* des noyaux cellulaires, l'*hémoglobine* du sang qui est une albumine combinée avec du fer, et enfin la *nucléo-albumine* du jaune d'œuf qui est une combinaison d'une matière albuminoïde avec la nucléïne, autre albuminoïde qui renferme 3 à 4 p. 100 de phosphore. Toutes ces substances traitées par le suc gastrique donnent des *protéoses* solubles.

2° Les *albumoïdes* ou *scléroprotéïnes* sont des protéïnes qui paraissent dériver des albuminoïdes naturels par dédoublement et oxydation. Elles comprennent l'*élastine*, la *kératine* et la *gélatine*.

L'*élastine* est la substance des fibres élastiques; elle ne se dissout que par la vapeur surchauffée en vase clos ou par les acides minéraux concentrés.

La *kératine* est la substance fondamentale des poils, des ongles, des sabots, des cornes et des plumes; elle n'est attaquable que par les alcalis caustiques ou les acides forts à la température de l'ébullition.

La *gélatine* s'obtient en faisant bouillir du tissu conjonctif, des os ou des cartilages, ou mieux encore en les soumettant à l'action de l'eau surchauffée en vase clos. Elle ne renferme pas de soufre comme les autres protéïnes. Les solutions sont *colloïdes* et ne se coagulent pas à l'ébullition par les alcalis ou les acides étendus.

§ 3. **Aliments minéraux.** — Nous en trouvons des quantités variables dans nos boissons et nos aliments. Certains sont indispensables à notre organisme; tels sont les *calcaires* (phosphate, carbonate, fluorure) qui

constituent la partie fondamentale du squelette et des dents ; le *phosphore* qui se trouve dans presque tous les tissus, principalement dans les noyaux cellulaires et la matière cérébrale ; les *sels de potasse* (phosphate et carbonate) qui se trouvent dans les globules du sang et le *fer* qui entre dans la composition de leur matière colorante rouge ou hémoglobine ; les *sels de soude* (sulfate, phosphate, carbonate, chlorure), qui existent dans le liquide sanguin ou plasma tenant les précédents globules en suspension, ainsi que dans tous les liquides de l'économie, salive, bile, etc. Ces sels de soude jouent un rôle particulièrement important ; ils imprègnent tous les tissus et constituent le milieu normal dans lequel s'accomplissent les manifestations vitales des cellules ; c'est le chlorure de sodium qui domine parmi eux ; il y en a jusqu'à 7 p. 1000 dans le sang. La quantité totale de sels minéraux atteint environ 4 p. 100 du poids du corps, soit 3 kg 290 chez une personne de 70 kilogrammes.

Notre organisme perd journallement environ 25 grammes de matières minérales dont la moitié est du chlorure de sodium ; elles sont principalement éliminées par l'urine et la sueur ; nous les récupérons par les boissons, les aliments végétaux qui en renferment une notable proportion et aussi par le sel marin que nous ajoutons à notre alimentation (10 grammes en moyenne).

Un chien qui reçoit une nourriture privée autant que possible de matières minérales, meurt quinze jours plus tôt que s'il avait été soumis à un jeûne absolu ; c'est la preuve du rôle important que jouent les aliments minéraux dans l'organisme ; l'insuffisance du calcaire amène le *rachitisme* et l'*anémie* est souvent due au manque de fer.

§ 4. Les boissons. — Ce sont l'eau, les boissons alcooliques (vin, cidre, poiré) et les boissons aromatiques (thé, café) ; elles sont absorbées sans subir de transformations chimiques.

1° *L'eau* existe dans le corps humain dans la proportion de 64 p. 100, dans la viande de bœuf il y en a 75 p. 100 ; elle tient en dissolution la plupart des matières minérales dont la proportion varie suivant les tissus. La vie cellulaire est impossible sans eau ; elle est également impossible dans *l'eau pure*, qui fait gonfler et éclater les cellules ; si au contraire la quantité de sels minéraux est trop grande, ce sont les tissus vivants qui abandonnent de leur eau et ils meurent encore : ainsi s'explique la mort des poissons d'eau douce placés dans de l'eau de mer.

L'organisme éprouve journallement une perte considérable d'eau par les urines, la sueur et la respiration ; elle s'élève en moyenne à 2 500 grammes ; elle est récupérée par les boissons et l'eau des substances alimentaires ; le lait nous apporte, en effet, 87 p. 100 d'eau, les viandes de 55 à 75 p. 100, le pain de 30 à 40 p. 100 ; les fruits de 80 à 85 p. 100, etc.

2° *Les boissons alcooliques* ont une teneur en alcool variable ; le vin en contient 8 à 12 p. 100 ; la bière 3 à 6 p. 100 et le cidre 5 à 8 p. 100.

Ces boissons ne sont certainement pas indispensables à l'organisme ; mais il résulte de tout un ensemble d'observations que le *vin pur consommé en quantité modérée*, exerce une action bienfaisante sur l'organisme ; pris aux repas il est un *léger stimulant* par son alcool ; il active la circulation, les sécrétions et les contractions stomacales ; il est un *aliment* par sa glycérine (6 grammes par litre), par ses matières azotées,

sucrées, gommeuses ou grasses (15 grammes par litre), par ses sels (chlorures, phosphates et tartrates de potasse, 4 grammes); il est *tonique* par son tannin.

La bière, moins stimulante et moins tonique que le vin, est plus nourrissante que ce dernier; elle renferme 50 grammes par litre de matières albuminoïdes, de sucre et de phosphates.

A quelle dose les boissons alcooliques cessent-elles d'être bienfaisantes et deviennent-elles nuisibles par leur alcool? D'après des recherches faites au Muséum, l'alcool contenu dans 0^l,65 de vin à 10°, ce qui en représente 0^l,065, serait complètement brûlé en donnant de l'eau et du CO², d'après la formule $C^2H^6O + O^6 = 2CO^2 + 3H^2O$.

D'autres physiologistes estiment cette quantité à 1^{er},2 d'alcool par kilogramme du poids du corps. La combustion produit en même temps de la chaleur à raison de 7 calories par gramme d'alcool, et cette énergie s'ajoute à celle qu'engendrent de leur côté les hydrates de carbone et les graisses en brûlant.

Mais si l'alcool consommé dans cette proportion a un effet utile en tant que producteur d'énergie, il n'en résulte pas, comme nous l'avons déjà dit, *qu'il soit indispensable*, car l'énergie qu'il fournit peut être demandée à une augmentation de la ration alimentaire en féculents et en graisses.

L'abus des boissons alcooliques ou la consommation habituelle de l'eau-de-vie amènent dans l'organisme un excès d'alcool qui séjourne dans les tissus, principalement dans la substance cérébrale, et y détermine les accidents de l'alcoolisme.

Les *boissons aromatiques*, café et thé, renferment deux principes azotés, la *caféine* et la *théine*, accompagnés d'une petite proportion de tannin, de gomme et de sels. Au contraire de l'alcool qui est un *paralysant du cerveau*, le thé et le café sont des *stimulants* du système nerveux et de la nutrition générale; mais la suractivité qu'ils déterminent amène naturellement une usure plus rapide des tissus, qui doivent par conséquent avoir la possibilité de se réparer plus facilement par une alimentation suffisante; en d'autres termes, le café et le thé ne sont pas des aliments, mais des *excitants* qui poussent les tissus à consommer plus vite leurs réserves; la consommation en est par conséquent défendue aux personnes ne disposant pas d'une ration alimentaire suffisante.

Le *cacao* et la *kola* renferment également un principe stimulant analogue à la caféine.

§ 5. **Composition des principaux aliments.** — Les aliments d'origine animale sont surtout riches en albuminoïdes, tandis que les aliments d'origine végétale renferment particulièrement des hydrates de carbone.

I. *Aliments d'origine animale.* — La viande de bœuf renferme de (18 à 20 p. 100) de matière azotée ou musculine, avec 2 à 5 p. 100 de graisse, 2,5 p. 100 de sels minéraux et 75 p. 100 d'eau. — Sur les 20 p. 100 de matière azotée, il n'y en a guère que 2 p. 100 qui se dissolvent dans le bouillon gras, ce qui fait que ce dernier a un très faible pouvoir nutritif.

Les *volailles* ont sensiblement la même quantité d'albumine que la viande de bœuf, mais la proportion soluble dans le bouillon est plus grande (3,10 p. 100); le canard et l'oie ont plus de graisse que le poulet.

Les *poissons* renferment généralement moins de matière azotée que la viande de boucherie, de 12 à 14 p. 100; cependant le maquereau et le saumon en ont 18 à 20 p. 100; la

raie est le poisson qui en a le plus, 22 p. 100; il y a des poissons à *chair maigre* comme la perche (1,5 p. 100 de graisse) et la raie (0,6 p. 100), à *chair demi-grasse* comme la carpe et le hareng (5 p. 100) et à *chair grasse* comme le maquereau (15 p. 100) et l'anguille (28 p. 100).

Le *lait* renferme quatre substances principales; la composition du lait de vache est la suivante par litre: matière azotée 33, graisse 34, sucre 52, sels (chlorures, phosphates et carbonates) 6, eau 870. La matière azotée comprend de la *caséine* (28 p. 100) qui se coagule sous l'action de la *présure* pour donner une substance albuminoïde insoluble qui est la matière du fromage, et il reste une *autre albumine soluble* (5 p. 1000) qui se précipite à une température inférieure à l'ébullition.

Le lait de chèvre est plus nutritif; il renferme davantage de graisse (60 p. 1000), davantage d'albumine (44 p. 1000) et même une plus grande proportion de sels minéraux 9 p. 1000, mais il est un peu moins sucré (48 p. 1000). Le lait d'ânesse est le plus sucré de tous (69 p. 1000).

Les *fromages* sont fabriqués avec la caséine du lait et sont particulièrement riches en matières azotées (28 à 33 p. 100); les fromages gras renferment en outre la crème et sont encore plus nourrissants; ainsi le Roquefort contient 28 p. 100 de matière azotée et 30 p. 100 de graisse; le Gruyère et le Brie ont à peu près la même composition.

Les *œufs* comprennent le blanc ou *albumine* et le *jaune*. Le blanc est surtout riche en matières albuminoïdes (12 p. 100), dont la principale est l'*ovalbumine*. Le jaune renferme surtout de la graisse (33 p. 100) avec des matières azotées (15 p. 100), dont la principale s'appelle l'*ovovitelline*; on y trouve également une graisse phosphorée et azotée, la *lécithine*, qui existe d'ailleurs dans la plupart des tissus animaux, les muscles, le foie et particulièrement dans le cerveau. Enfin le jaune renferme encore une *matière organique ferrugineuse* aux dépens de laquelle se forme l'hémoglobine du sang de l'embryon. L'analyse des cendres du jaune d'œuf fournit 65 p. 100 d'acide phosphorique.

II. *Aliments d'origine végétale.* — Ils comprennent essentiellement les céréales, les légumes farineux et les légumes herbacés.

Le *blé* renferme 14 à 15 p. 100 des matières albuminoïdes ou *gluten*, mais la farine n'en a plus que 9 p. 100 avec 60 p. 100 en moyenne d'amidon; le pain est donc plutôt un féculent. La farine d'avoine qui sert à faire du pain de *gruau* est plus riche en gluten (15,5 p. 100) et en sels minéraux (4 p. 100). Celle de maïs est très riche en graisse (9 p. 100), tandis qu'il n'y en a que 1,2 p. 100 dans la farine du blé.

Le *riz* est surtout riche en amidon (77 p. 100); il n'a que très peu de matières azotées (7 p. 100).

Les *pommes de terre* n'ont que 21 p. 100 d'amidon et 1 à 2 p. 100 de matière azotée suivant les variétés; c'est la Hollande jaune qui en renferme le plus (4 à 5 p. 100); presque tout le reste est de l'eau (75 p. 100).

Les *graines des légumineuses*, haricots, lentilles, pois et fèves, renferment une remarquable proportion de matières azotées associées à une grande quantité d'amidon, et constituent par suite des aliments nutritifs de premier ordre. Voici leur composition p. 100.

	HARICOTS	LENTILLES	POIS
Eau	14	13	41
Matières azotées	23	26	19
Amidon	54	54	56
Graisse	2,3	2	1,20
Cendres	3,5	3	2,20

Les *légumes herbacés* ont une faible valeur nutritive. Certains (carotte, oignon, betterave) renferment du sucre; les choux et les asperges possèdent une petite quantité de matières azotées.

Mais la plupart sont doués de propriétés rafraichissantes par les sels qu'ils renferment (oxalate et azotate de potasse) et ils activent la sécrétion urinaire.

§ 6. *Nécessité d'une alimentation mixte.* — De nombreuses observations ont établi que notre organisme ne peut se contenter d'une seule catégorie d'aliments; il faut lui fournir à la fois des hydrates de carbone, des graisses, des matières albuminoïdes, des sels et de l'eau parce que chacun d'eux joue un rôle spécial.

1° *Les hydrates de carbone et les graisses* sont oxydés par l'oxygène qu'apporte la respiration et fournissent ainsi une certaine quantité de chaleur qui entretient la constance de la température du corps, en même temps qu'elle fournit l'énergie nécessaire aux réactions chimiques intracellulaires.

Ainsi le glucose donne $C^6H^{12}O^6 + O^{12} = 6CO^2 + 6H^2O + \text{chaleur}$.

Cette chaleur se transforme partiellement en travail, et par suite l'alimentation doit être d'autant plus riche en graisse et en hydrates de carbone que le travail musculaire à fournir est plus considérable.

2° *Les aliments azotés* sont au contraire assimilés par la matière vivante des cellules et transformés eux-mêmes en nouveau protoplasma qui accroît la masse de l'ancien ou qui remplace celui-ci à mesure qu'il se détruit dans les réactions chimiques dont il est le siège. Ils sont en d'autres termes les *aliments réparateurs* des tissus ; une petite portion est également oxydée en engendrant de l'eau, du CO^2 et de l'urée, substance de déchet rejetée par l'urine ; nous éliminons journellement par les urines de 18 à 20 grammes d'azote, qu'il faut renouveler par une alimentation azotée.

Des chiens nourris exclusivement avec de la viande dégraissée meurent au bout de trois mois ; mais ils vivent très bien si on leur donne en même temps un peu de graisse et d'hydrocarbonés. Des oies nourries uniquement avec du blanc d'œuf meurent au bout de six à sept semaines. Les carnassiers sont les seuls animaux qui peuvent se contenter de viande ; l'homme ne trouverait pas suffisamment de carbone ou serait obligé d'absorber journellement une telle quantité de viande (2 kilogrammes) que ses organes digestifs en seraient vite fatigués.

3° *L'eau et les sels minéraux* servent également à la réparation des tissus.

Nous établirons plus loin d'après ces données quelle doit être la ration alimentaire normale de l'homme d'après son genre d'occupation (Voir le chapitre de la *Chaleur animale*).

§ 7. **Aliments complets.** — On appelle *aliments complets* ceux qui renferment à la fois les matières ternaires et les matières azotées dans les proportions qui conviennent le mieux à l'organisme. Le lait et les œufs paraissent entrer *a priori* dans cette catégorie, puisque le premier suffit pendant plusieurs mois aux jeunes mammifères et que les seconds assurent à eux seuls le développement embryonnaire des oiseaux.

Mais ces aliments ne sauraient convenir indéfiniment à eux seuls aux adultes ; le lait ne renferme pas suffisamment de fer et les œufs sont trop pauvres en eau.

Beaucoup d'aliments renferment à la fois des albuminoïdes et des matières ternaires, mais ne sont pas des aliments complets parce que les proportions de ces substances ne sont pas celles que nécessite l'organisme. Ainsi le pain est trop pauvre en gluten ; les graines féculentes (haricots, lentilles, etc.), n'ont pas assez d'eau (10 à 14 p. 100) ; le riz et les pommes de terre ne renferment guère que de l'amidon et doivent être associés à des albuminoïdes ; la viande n'a pas assez d'hydrates de carbone (0,6 p. 100).

II. — DESCRIPTION DE L'APPAREIL DIGESTIF

§ 1. **Différentes parties de l'appareil digestif.** — Notre appareil digestif est constitué par un tube ouvert à ses deux bouts; l'un des orifices, la *bouche*, sert à l'introduction des substances alimentaires; l'autre, l'*anus*, sert à l'expulsion des résidus de la digestion.

Ce tube se subdivise en quatre régions principales;

1° L'*œsophage*, long tube de 20 à 25 centimètres qui faite suite à la bouche et descend verticalement le long de la colonne vertébrale (fig. 175).

2° Une dilatation volumineuse, l'*estomac*, dans laquelle les aliments s'accumulent pendant plusieurs heures, à la suite du repas, pour y subir leur digestion (H);

3° L'*intestin grêle*, tube de 2 à 4 centimètres de diamètre, qui n'a pas moins de 5 à 7 mètres de longueur et qui, pour se loger dans la cavité abdominale, est obligé de se replier un grand nombre de fois sur lui-même (I);

4° Enfin le *gros intestin* (M) plus court et plus large que le précédent (2 mètres de longueur) qui comprend toujours une branche ascendante du côté droit, une branche transversale sous l'estomac, et enfin une branche descendante à gauche, où elle se recourbe pour

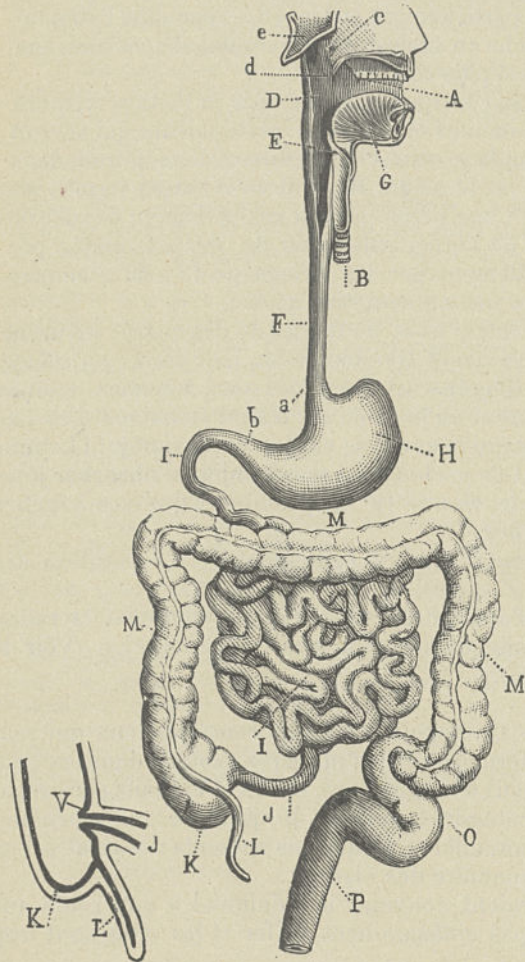


Fig. 175. — Ensemble du tube digestif.

A, bouche. — B, trachée-artère. — F, œsophage. — H, estomac.
I à J, intestin grêle. — K à P, gros intestin.

aller se terminer sur la ligne médiane par l'ouverture anale.

De plus, il existe en dehors du tube digestif et à son voisinage immédiat, trois autres organes qui en sont des *annexes* parce qu'ils sécrètent des liquides qui se déversent dans ce tube digestif où ils exercent eux-mêmes une action importante dans la digestion de certaines catégories d'aliments (fig. 176).

Ce sont : 1° les *glandes salivaires* logées près de la bouche et qui y déversent leur contenu ; 2° le *foie* (2) qui surmonte l'estomac et déverse la bile dans la première partie de l'intestin, à très peu de distance de l'estomac ; 3° le *pancréas* (7) situé au-dessous et en arrière de l'estomac et dont le produit de sécrétion, le *liquide pancréatique*, s'écoule dans l'intestin au même point que la bile.

§ 2. **Péritoine.** — D'autre part, la cavité du corps est divisée en deux compartiments par une cloison musculaire en forme de voûte que l'on appelle le *diaphragme* (D, fig. 176). Le compartiment supérieur ou *cavité thoracique* loge le cœur et les poumons *Pg* et *Pd* ; il est parcouru d'un bout à l'autre par l'œsophage ; l'inférieur s'appelle la *cavité abdominale* et abrite tous les autres viscères, c'est-à-dire tout le reste de l'appareil digestif ainsi que les reins.

Ces viscères sont enveloppés et comme retenus à la colonne vertébrale par une membrane séreuse particulière, le *péritoine*.

Pour bien se rendre compte de sa disposition, il faut supposer tout d'abord la cavité abdominale vide d'organes et tapissée sur toute sa face interne par un sac clos, rempli lui-même de liquide (I, fig. 177).

En supposant ensuite que les différents organes ; foie, estomac, intestin, etc., se développent en P, entre la paroi du corps et celle de ce sac, la paroi de ce dernier sera refoulée de toutes parts en restant moulée à la surface des organes ; la cavité primitive, remplie de liquide, deviendra presque nulle en raison du volume des viscères qui remplissent tout l'abdomen, et le long de la colonne vertébrale il restera des espèces d'anses *a* qui tiendront les organes suspendus comme l'indique la figure schématique (177).

Ce sac est précisément le *péritoine* ; le liquide qui humecte ses deux feuillettes et facilite les mouvements des organes, est le *liquide péritonéal*.

Autour de l'intestin cette enveloppe séreuse porte le nom particulier de *mésentère* ; au-devant de l'abdomen elle forme un grand repli en forme de tablier, le *grand épiploon*, qui se gorge de graisse dans l'obésité.

Dans la description de chacun des organes abdominaux, nous aurons donc toujours à signaler la présence de cette séreuse comme enveloppe externe.

Nous allons maintenant étudier chacune des parties de l'appareil digestif

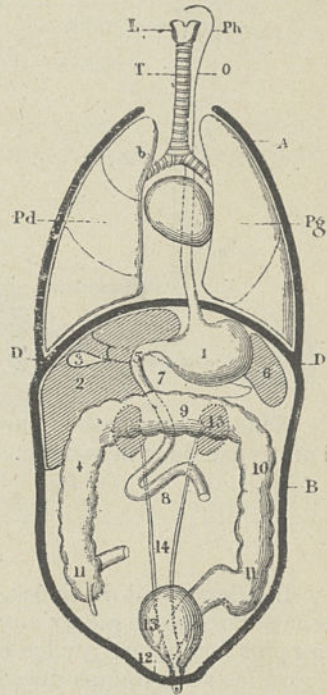


Fig. 176. — Cavité thoracique et cavité abdominale.

DD, diaphragme séparant les deux cavités. — Pd et Pg, poumons ; le cœur entre les deux. — O, œsophage. — T, la trachée. — L, le larynx. — Au-dessous les organes digestifs. — 1, estomac. — 2, le foie. — 7, le pancréas. — 11, le gros intestin. — 13, la vessie. — 15, les reins.

en passant en revue sa forme et sa structure, la nature du liquide qu'elle sécrète et l'action qu'elle exerce sur les aliments.

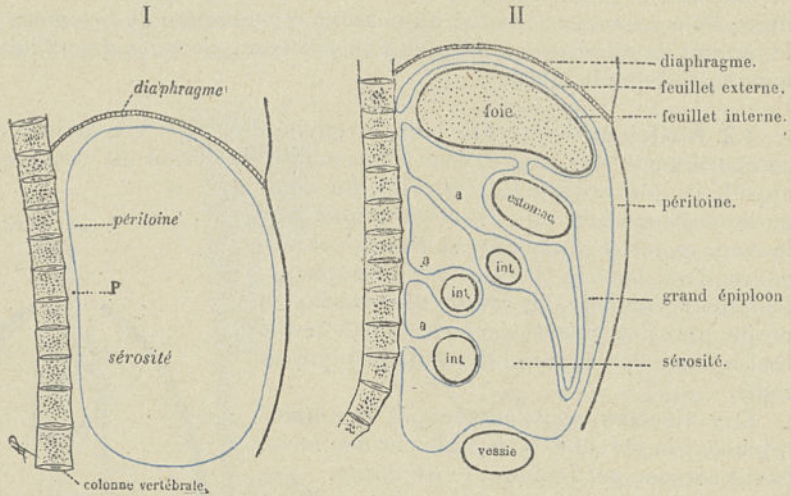


Fig. 177. — Disposition du péritoine.

a, anses du mésentère qui retiennent l'intestin le long de la colonne vertébrale.

Nous commencerons par les dents qui sont les premiers organes que l'on trouve dans la bouche.

III. — LES DENTS

Les dents sont destinées, comme on le sait, à broyer les aliments pour leur permettre de mieux circuler dans le tube digestif et de se laisser pénétrer plus facilement par les liquides qui doivent les digérer.

On les a longtemps décrites comme une partie du squelette parce qu'on les regardait comme de la véritable substance osseuse, attendu qu'elles sont essentiellement formées comme cette dernière de sels calcaires (phosphate et carbonate de chaux). Mais il est maintenant établi qu'elles sont dues tout simplement à la muqueuse des gencives qui, à certains endroits, s'est imprégnée d'une matière minérale suffisamment résistante pour opérer la mastication.

Elles ne représentent en somme que des portions de la muqueuse buccale qui se sont différenciées en vue d'une fonction spéciale. Cette interprétation est confirmée par l'anatomie comparée : par exemple, les plaques calcaires que l'on trouve un peu partout dans la bouche de beaucoup de Poissons, même à l'entrée de leur pharynx (esturgeon, squal, raie), et qu'ils utilisent dans une certaine mesure pour la mastication, *ont exactement la même structure et se développent de la même manière que leurs écailles*. Écailles et dents sont ici des productions de même ordre, dues à une simple calcification de la peau ; mais leur rôle est différent selon leur emplacement : développées à la surface du corps, elles servent d'organes protecteurs ;

développées sur la muqueuse de la bouche, elles sont utilisées pour la mastication.

§ 1. **Différentes parties d'une dent.** — Chaque dent présente trois parties : 1° la *couronne* qui est la partie libre, celle qui sort de la gencive ; 2° la *racine* qui est enfoncée dans une cavité ou *alvéole* creusée dans l'os maxillaire ; elle est simple ou multiple ; 3° le *collet*, qui marque la démarcation entre les deux parties précédentes et qui correspond au bord de la gencive ; il est un peu rétréci (fig. 180).

La racine est enveloppée par une membrane conjonctive mince qui tapisse en même temps l'alvéole et que l'on appelle le *périoste dentaire* ; c'est ce périoste qui est enflammé dans les abcès dentaires.

§ 2. **Différentes sortes de dents.** — Nous possédons trois sortes de dents : 1° Les *incisives*, au nombre de quatre sur le devant de chaque mâchoire ;

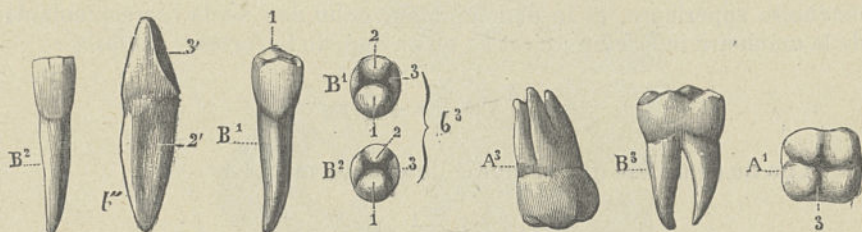


Fig. 178. — Différentes sortes de dents (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

B² (à gauche), incisive médiane de la mâchoire inférieure, — b'', canine inférieure du côté droit, vue latérale. — 2°, sa racine simple. — 3°, sa couronne. — B¹, 1^{re} prémolaire inférieure. — b³, faces supérieures de deux prémolaires. — A², 3^e grosse molaire supérieure. — B³, grosse molaire inférieure. — A¹, face supérieure de la couronne d'une grosse molaire avec ses deux sillons en croix.

leur couronne est comprimée et taillée en biseau, ce qui la rend propre à *inciser* les aliments ; leur racine est toujours simple (B², fig. 178) ;

2° Les *canines*, b'', une à droite et à gauche des incisives sur chaque mâchoire ; leur couronne est terminée par une pointe mousse 3' capable de déchirer ; elles ont une racine toujours longue, effilée et légèrement recourbée.

Leur nom leur vient du grand développement qu'elles présentent chez les animaux carnassiers, chien, tigre, ours, etc. ; elles leur servent non seulement pour diviser la chair crue en lanières, mais souvent d'organes de défense redoutables, telles que les deux canines supérieures des morses qui sont allongées en *défenses* ; les défenses des éléphants sont au contraire les deux incisives de la mâchoire supérieure, et il est bien évident que les dents qui présentent un tel développement ne peuvent plus servir à la mastication ;

3° Les *molaires*, cinq de chaque côté sur chacune des branches terminales des maxillaires ; elles sont ainsi appelées parce que leur couronne est large et aplatie pour broyer les aliments à la façon d'une meule. On les subdivise en petites molaires ou *prémolaires* et en *grosses molaires*.

Les *prémolaires*, B¹, deux à la suite de chaque canine, ont une couronne à deux saillies ou tubercules, b³, séparées par un sillon antéro-postérieur.

Leur racine est presque toujours unique ; quelquefois, mais assez rarement, elle se bifurque légèrement à la pointe.

Les *grosses molaires* ou *mâchelières* qui viennent ensuite et qui garnissent le fond de la bouche, ont toujours une couronne à quatre tubercules B³ séparés par deux sillons en croix A⁴ ; leur racine est toujours double ou triple, quelquefois même quadruple (A³).

§ 3. **Les deux dentitions successives.** — Chacun sait que nous possédons deux dentitions successives, les *dents de lait* qui tombent à partir de l'âge de sept ans, et les *dents permanentes* qui remplacent les précédentes (fig. 179).

La dentition de lait comprend seulement 20 dents qui se répartissent ainsi dans chaque mâchoire : 4 *incisives* sur le devant, une *canine* à droite et à gauche, et enfin 4 *prémolaires* qui sont situées deux à droite et deux à gauche des canines. On exprime cette disposition par une série de fractions dont le numérateur représente le nombre des dents de chaque espèce de la mâchoire supérieure, et le dénominateur celui des dents correspondantes de la mâchoire inférieure ; c'est ce qu'on appelle la *formule dentaire* :

$$m = \frac{4}{4} i + \frac{2}{2} c + \frac{4}{4} pm \text{ (1).}$$

ou, si on ne considère que la moitié de chaque mâchoire :

$$\frac{1}{2} m = \frac{2}{2} i + \frac{1}{1} c + \frac{2}{2} pm.$$

Les prémolaires de la première dentition ont toujours quatre tubercules à leur couronne et leurs racines sont toujours multiples ; elles ressemblent sous ce rapport aux grosses molaires définitives.

Les dents de lait font leur apparition à un âge très variable chez les enfants ; en général les premières sortent vers six mois et la dentition est complète, avec ses 20 dents, vers deux ans et demi à trois ans. Mais si elles n'apparaissent pas simultanément, en retour elles sortent dans un ordre à peu près constant : d'abord les incisives du milieu, en commençant par celles du bas, puis les incisives latérales, les premières molaires, les canines (28^e au 34^e mois), et enfin les secondes molaires (32^e au 36^e mois) ; elles sont toujours plus petites que les dents définitives et sont d'un blanc légèrement bleuâtre.

A partir de sept ans, les dents de lait tombent successivement *et dans l'ordre même où elles étaient sorties*. Cette chute met en général quatre ou cinq ans pour s'effectuer, car les *canines* et les *secondes prémolaires* ne tombent qu'entre dix et douze ans.

A mesure qu'elles se détachent, elles sont remplacées chacune par une dent nouvelle et de même forme ; mais il apparaît de plus, au fond de chaque branche des maxillaires, *trois grosses molaires* ou *mâchelières* dont l'enfant était primitivement dépourvu. La dentition définitive comprend ainsi, quand elle est complète, d'abord 20 dents qui ont remplacé les dents de lait et en plus 12 grosses molaires.

⁴ *m* représente la mâchoire entière.

La nouvelle formule dentaire est donc :

$$\frac{1}{2} m = \frac{2}{2} i + \frac{1}{1} c + \frac{2}{2} pm + \frac{3}{3} gm.$$

La dernière grosse molaire ne sort que très tard, entre vingt et trente ans, et est appelée la *dent de sagesse*. La première se développe au contraire très tôt, vers l'âge de sept ans, alors que la chute des dents ne fait que commencer; c'est la *dent de sept ans*.

Lorsqu'on examine un maxillaire d'enfant de six à sept ans dont on a enlevé partiellement la matière osseuse en avant pour mettre à nu les alvéoles dentaires (fig. 179), on voit très bien les dents définitives, déjà très volumineuses, logées entre les racines des dents de lait dans le même

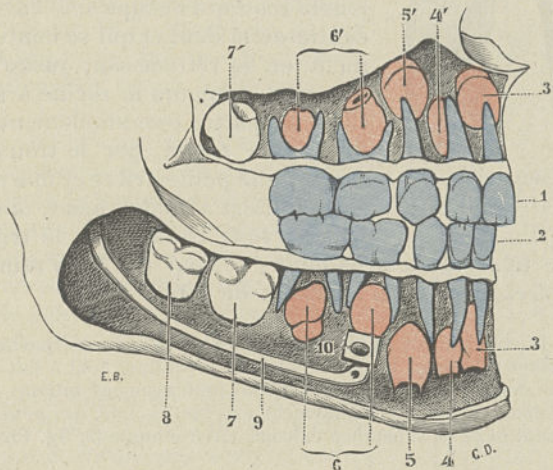


Fig. 179. — Dentition d'un enfant de cinq ans (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

(Les dents temporaires sont en bleu, les dents de remplacement en rouge.)

1, dents temporaires de la moitié droite de la mâchoire supérieure. — 2, les cinq dents temporaires de la mâchoire inférieure. — 3 et 4, incisives de la 2^e dentition. — 5, 5', canines de 2^e dentition. — 6, 6', prémolaires de 2^e dentition. — 7, 7', première grosse molaire. — 8, seconde grosse molaire; celle du haut n'est pas formée, non plus que les dents de sagesse. — 9, canal dentaire (vaisseaux et nerfs).

alvéole: leurs premiers germes ont même apparu aussitôt que ceux de ces dernières, et c'est tout simplement le manque de place qui les a obligées à rester jusque-là dans la profondeur de l'os, au-dessous des dents de lait.

Mais à partir de l'âge de sept ans, elles commencent à se porter vers le bord de la gencive, tout contre les dents de lait qu'elles repoussent progressivement. De plus, celles-ci perdent peu à peu leurs racines qui sont rongées par un procédé encore assez peu connu; il est probable qu'elles sont dissoutes par une substance spéciale, peut-être un ferment, que sécrètent les nouvelles dents. A un moment donné, la dent de lait n'a plus que sa couronne qui est retenue seulement par le bord de la gencive, de telle sorte qu'une faible traction suffit pour la détacher.

§ 4. Structure des dents. — Lorsqu'on met une dent dans l'acide chlorhydrique, la matière calcaire qui la constitue en grande partie se dissout peu

à peu, et il reste une matière albuminoïde ou *dentine* qui conserve la forme de la dent, mais qui est molle et pliante. Cela rappelle exactement ce qui se passe pour les os quand on les fait macérer dans un acide ; la dentine est identique à l'*osséine* de l'os et donne comme cette dernière de la gélatine par l'ébullition.

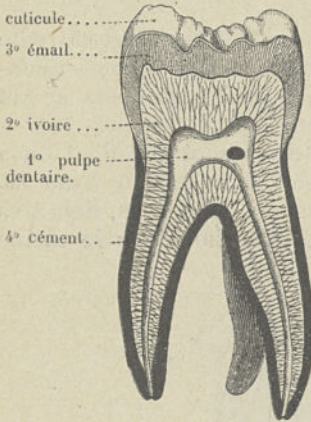


Fig. 180. — Coupe d'une dent à trois racines.

Mais les deux substances dentaires, calcaire et dentine, n'ont pas du tout la même structure que la substance osseuse ; pour l'étudier, on examine au microscope une tranche très mince de dent obtenue dans le sens longitudinal. On y trouve quatre parties bien distinctes, qui sont de dedans en dehors (fig. 180) :

1° La *pulpe dentaire* ; c'est un tissu conjonctif mou qui occupe une cavité creusée au centre de la dent et qui se continue inférieurement, en se rétrécissant, jusqu'au petit orifice que porte toujours la racine à son extrémité. C'est la partie essentiellement vivante de la dent ; elle reçoit, par le trou dentaire de la racine, une petite artère et une petite veine qui s'y ramifient abondamment, ainsi qu'un petit filet nerveux envoyé par le trijumeau et qui

lui donne une très grande sensibilité ; ce sont ces fines ramifications nerveuses qui sont excitées dans les maux de dents.

La pulpe est formée surtout de cellules conjonctives qui sont particulièrement nombreuses à sa surface ; là, elles forment une couche continue tout à fait comparable à un épithélium ; elles sont ovoïdes et possèdent un prolongement interne qui les relie aux cellules de la profondeur et un prolongement externe, *ramifié*, qui pénètre, comme nous le verrons plus loin, dans la substance calcaire environnante (5, fig. 182).

2° La pulpe est complètement entourée par une substance calcaire dure et un peu jaunâtre que l'on appelle l'*ivoire*. C'est elle qui forme la masse principale ou *corps* de la dent ; elle s'étend jusqu'à la pointe de la racine, où elle laisse subsister le *trou dentaire* par où passent les vaisseaux et le nerf de la pulpe. Elle est formée de 28 p. 100 de dentine et de 72 p. 100 de calcaire qui imprègne uniformément cette dernière (*phosphate et carbonate de chaux, phosphate de magnésie avec des traces de fluorure de calcium*). C'est le phosphate de chaux qui domine parmi ces sels calcaires (66 p. 100).

L'ivoire est une substance *amorphe*, complètement morte et ne renferme ni cellules ni vaisseaux sanguins, comme il en existe dans la substance osseuse dont elle possède cependant à peu près la composition chimique. Elle est seulement parcourue par de très fins tubes microscopiques, les *canalicules dentaires*, qui, en tous points, sont dirigés perpendiculairement à la surface de la dent et sont réunis les uns aux autres par de nombreuses anastomoses transversales.

L'ivoire se termine à sa surface par une couche irrégulière de corpuscules sphériques dont les intervalles sont remplis d'air et qui forment ce que l'on appelle les *globules de l'ivoire*. C'est dans cette couche de globules que les *canalicules* viennent se terminer, les uns en pointes fines, les autres en anses qui se continuent avec les canalicules voisins (b et c, fig. 181).

Dans chaque canalicule se trouve un très fin prolongement protoplasmique qui appartient à l'une des cellules conjonctives qui recouvrent la surface de la pulpe; on lui donne quelquefois le nom de *fibre dentaire* (5, fig. 182).

3° La couronne de la dent a son ivoire recouvert d'une autre substance calcaire d'aspect différent et qu'on appelle l'*émail*; son épaisseur est maxima au sommet de la couronne et va en s'amincissant jusqu'au bord de la gencive (fig. 180).

L'émail est beaucoup plus dur encore que l'ivoire; il renferme seulement 3 à 5 p. 100 de matière organique ou *dentine*, qui encore n'est bien apparente que dans les jeunes dents, avec 97 à 95 p. 100 de *matière calcaire*, se décomposant en *phosphate de chaux* 90 grammes, *carbonate de chaux* 4^{sr},5, phosphate de magnésie 1^{sr},2 et traces de fluorure de calcium. Les acides l'attaquent moins facilement que l'ivoire.

L'émail est encore une substance absolument inerte, dépourvue de cellules et de vaisseaux; elle affecte la forme de petits prismes, à six pans légèrement ondulés, finement striés en travers et très exactement juxtaposés; leur section transversale ressemble à une mosaïque hexagonale; ils sont toujours disposés à peu près perpendiculairement à la surface de la couronne.

La partie superficielle des prismes est à son tour recouverte d'une mince couche d'émail qui est amorphe et forme une sorte d'enduit brillant sur toute la surface de la couronne; c'est la *cuticule* de l'émail. Elle constitue la partie éminemment protectrice de la dent, car elle présente une résistance remarquable aux acides et aux bases; elle ne s'étend d'ailleurs que sur la couronne, qui est la seule partie qui soit au contact des aliments et qui ait réellement besoin d'être protégée contre leur acidité.

Mais si l'émail est plus dur que l'ivoire, en revanche, il est beaucoup plus fragile, parce qu'il est à peu près complètement minéral; la cuticule, en particulier, se brise facilement sous le choc ou éclate sous l'influence d'une variation *trop brusque* de température.

4° Enfin, la racine est recouverte d'une mince couche de tissu osseux qu'on appelle le *cément* et qui est de couleur jaunâtre. Contrairement à l'émail et à l'ivoire, le cément est une véritable matière osseuse parce qu'on y trouve des *corpuscules osseux* étoilés (a, fig. 181), et chez les personnes âgées, où il devient très épais, on y trouve même des *canaux de Havers*. Ce cément se forme aux dépens d'une fine membrane conjonctive, le *périoste dentaire*, que nous avons déjà signalé tout autour de la racine.

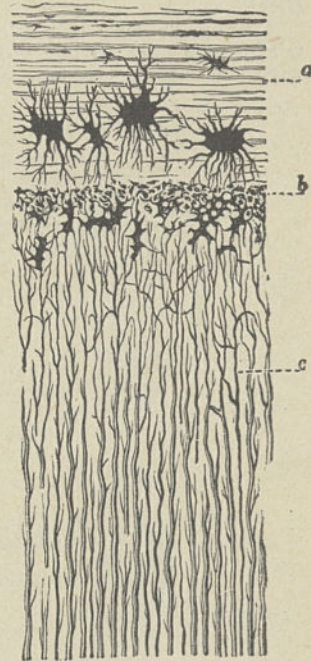


Fig. 181. — Coupe à travers une portion de dent canine, pour montrer les canalicules de l'ivoire et la structure du cément.

a, cément avec ses corpuscules osseux. — b, périphérie de l'ivoire avec les globules de l'ivoire. — c, canalicules de l'ivoire dont un grand nombre se terminent dans les globules b.

§ 5. Développement des dents. — Bien que les dents soient très dures et composées en très grande partie de substance minérale calcaire, elles se développent en entier *aux dépens des tissus de la gencive*, c'est-à-dire de la muqueuse de la bouche.

Cette muqueuse n'est pas autre chose, comme on le sait, que le prolongement de la peau externe, et elle est formée comme cette dernière d'un épithélium stratifié doublé intérieurement par une couche de tissu conjonctif ou *derme*.

L'assise la plus profonde des cellules épithéliales ou *assise muqueuse de Malpighi* est formée d'éléments cylindriques qui ont la propriété de se multiplier activement, afin d'assurer le remplacement des cellules superficielles qui s'usent à la longue et se détachent.

Chacune de ces deux parties constitutives de la muqueuse engendre une portion déterminée de la dent : 1° L'*épithélium* de la surface de la gencive produit l'*émail*, qui représente lui-même la partie superficielle de la couronne ; 2° le *derme*, situé plus profondément,

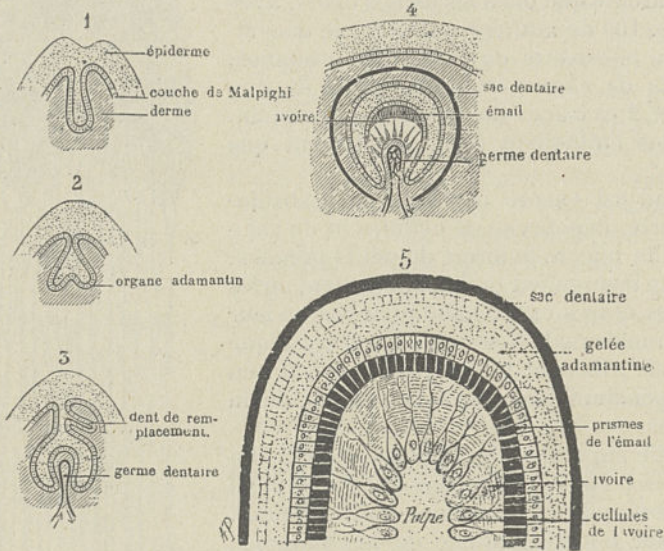


Fig. 182. — Différentes phases du développement d'une dent.

engendre au contraire les parties profondes de la dent, c'est-à-dire l'*ivoire*, la *pulpe* et le *cément*. Les choses se passent de la façon suivante (fig. 182).

1° Là où doit se former une dent, l'assise cylindrique de Malpighi s'enfonce plus profondément dans la gencive et forme une double lame dont les deux parois sont d'abord très rapprochées (1) ; mais cette assise continuant à se multiplier, engendre une quantité de cellules rondes qui se logent entre les deux lames et les écartent de plus en plus (2 et 3), formant ainsi une sorte de *bourgeon cellulaire interne*, qui est pour ainsi dire suspendu à l'épithélium de la muqueuse par la portion supérieure de la double lame de Malpighi.

Les cellules de ce bourgeon sécrètent plus tard l'*émail*, et à cause de leur aspect brillant, elles sont désignées dès à présent sous le nom d'*organe adamantin* (2, fig. 182).

Ces phénomènes se passent de très bonne heure, dès le second mois de la vie embryonnaire, alors que la matière osseuse des mâchoires n'a même pas encore fait son apparition.

2° Pendant ce temps, le tissu conjonctif ou *derme*, situé au-dessous de l'organe adamantin, s'accroît de bas en haut, soulève peu à peu ce dernier et s'en coiffe comme d'un bonnet de coton. C'est cette masse arrondie de tissu conjonctif qui engendrera l'*ivoire* et la *pulpe*. On l'appelle le *germe* ou *papille dentaire* (3, fig. 182). Elle reçoit de nombreux vaisseaux sanguins et des nerfs qui lui assurent une nutrition active et une certaine sensibilité.

3° Le tissu conjonctif qui environne de toutes parts la future dent se condense davantage au contact de celle-ci, et finit par lui constituer une sorte de *sac* ou *sac dentaire* qui

l'enveloppe complètement, en rompant le petit pédicule qui jusque-là tenait l'organe adamantin suspendu à l'épithélium de la muqueuse. La jeune dent est ainsi complètement isolée dans l'intérieur du derme, et elle se trouvera au sein même de la matière osseuse quand celle-ci apparaîtra pour constituer l'os maxillaire (4, fig. 182).

Les choses en étant là, les parties calcaires de la dent vont apparaître et chacune des trois formations que nous venons de décrire, *organe adamantin, germe et sac dentaire*, va continuer à évoluer d'une façon particulière :

a. Toutes les cellules de l'organe adamantin se transforment en une gelée brillante (gelée adamantine), *excepté l'assise épithéliale qui forme la paroi inférieure de cet organe* et qui est placée sur la face dorsale du germe dentaire (5, fig. 182). Cette assise est formée de cellules cylindriques hautes et serrées, qui se mettent à sécréter une substance brillante et molle qui s'échappe de leur cavité sur la face interne et qui va en se durcissant peu à peu : c'est l'émail.

Chaque cellule engendre un petit bâtonnet d'émail qui s'allonge progressivement, d'où l'aspect prismatique de l'ensemble de l'émail. Ce dernier ne se développe pas sur toute l'étendue de la dent, parce que l'assise épithéliale qui le sécrète ne recouvre elle-même que la partie dorsale du germe dentaire, laquelle ne correspond elle-même qu'à la couronne.

b. En second lieu, l'ivoire est produit par le germe dentaire de la façon suivante : il existe *sur toute la surface du bouton conjonctif* qui constitue ce germe, une assise continue de grandes cellules conjonctives ovoïdes qui portent même un certain nombre de prolongements dont l'un, plus important, est ramifié et dirigé vers la périphérie ; *ces cellules ciliées sécrètent la substance de l'ivoire* qui s'échappe de leur cavité et s'accumule progressivement de dedans en dehors en emprisonnant les prolongements externes des cellules sécrétrices. On les appelle les cellules *odontoblastes*. En se moulant pour ainsi dire autour de tous ces prolongements ramifiés, l'ivoire laisse en somme autant de petits canaux microscopiques qui logent chacun l'un de ces prolongements cellulaires, et c'est là l'origine des *canalicules de l'ivoire* que nous avons signalés précédemment (5, fig. 182).

L'ivoire forme ainsi une couche continue tout autour de la dent, excepté à la pointe de la racine où il reste un petit orifice, le *trou dentaire*, par où continuent à passer les vaisseaux sanguins et le nerf.

Le bouton conjonctif ou germe dentaire ainsi emprisonné par l'ivoire persiste et devient la *pulpe dentaire*. Les cellules ciliées formatrices de l'ivoire persistent également et ce sont elles qui constituent l'assise épithéliale que nous avons signalée à la surface de la pulpe de la dent adulte.

c. Enfin la partie profonde du sac dentaire, celle qui se trouve au contact de la jeune racine, se comporte comme un véritable périoste ; sa face interne laisse partir des cellules qui évoluent en *ostéoblastes* et sécrètent de la substance osseuse ordinaire, qui n'est pas autre chose que le *cément*. D'ailleurs ce périoste ne disparaît pas et c'est lui que nous avons trouvé à la surface de la racine adulte, tapissant l'alvéole dentaire.

Tandis que se produisent ces différentes phases évolutives, l'os maxillaire se développe de son côté tout autour de la jeune dent et l'emprisonne. Mais celle-ci à mesure qu'elle grandit remonte peu à peu vers la surface, perce son sac dentaire et atteint la muqueuse qu'elle perce finalement pour se faire jour.

Il nous reste à signaler deux particularités intéressantes : la première, c'est que la croissance de nos dents est limitée ; elle cesse quand elles ont atteint les dimensions que nous leur connaissons ; cela tient sans doute à ce que l'ivoire, en se développant, rétrécit de plus en plus le canal dentaire de la racine et arrive même quelquefois à l'oblitérer. La pulpe ne recevant plus d'éléments nutritifs en quantité suffisante, cesse de sécréter de l'ivoire par ses cellules superficielles ; la vie des cellules de l'émail est également suspendue. Nombre d'animaux possèdent au contraire des dents qui continuent à s'allonger pendant de longues années ; tels sont les éléphants, les morses, les sangliers, qui possèdent des défenses parfois très longues ; les incisives du lapin et des autres rongeurs poussent également d'une façon continue par leur racine, tandis qu'elles s'usent par le frottement à leur bord externe ; c'est que chez tous ces animaux le pulpe dentaire reste très largement ouverte, reçoit un grand nombre de vaisseaux sanguins et les parties actives de la dent peuvent continuer à sécréter sous l'effet de la nutrition abondante dont elles sont le siège.

La seconde remarque est relative à l'époque de la formation des germes de la seconde dentition. Bien que ces dents ne sortent que fort longtemps après les autres, leurs premiers rudiments apparaissent presque aussitôt que ceux des dents de lait. A peine l'organe adamantin d'une première dent est-il constitué, que sur le pédicule qui le relie à l'épithé-

lium de la gencive il apparaît une double lame épithéliale absolument identique à la première (3), et qui est le premier rudiment de la dent de remplacement ; son évolution ultérieure sera absolument la même que celle de l'autre (fig. 182), mais elle s'effectue beaucoup plus lentement ; il est à remarquer d'ailleurs que le sac dentaire de la dent de lait ne tarde pas à isoler cette dernière de sa future dent de remplacement et celle-ci se place peu à peu au-dessous de la dent qu'elle est destinée à suppléer un jour (3 et 4, fig. 182).

Les ébauches des deux sortes de dents apparaissent donc à peu près simultanément et suivent la même évolution ; seulement les unes ne se développent pas aussi vite, sans doute parce que la place leur manque à cause de la faible étendue des mâchoires, et on pourrait dire, à la rigueur, que nous ne possédons qu'une seule formation de dents, dont les germes apparaissent tous au même moment, mais qui évoluent avec des vitesses différentes.

Il n'existe généralement chez nous que deux dentitions successives ; cependant il arrive quelquefois que les grosses molaires, après leur chute, sont remplacées par d'autres que l'on regarde habituellement comme appartenant à une troisième dentition. Mais quelques auteurs interprètent ces faits différemment : pour eux les grosses molaires doivent être considérées comme le complément tardif de la première dentition. La seconde dentition ne comprendrait que les incisives, les canines et les prémolaires de remplacement et resterait ainsi incomplète, sauf dans les cas assez rares où il apparaît une seconde série de grosses molaires à la place des premières qui sont tombées.

IV. — LES GLANDES SALIVAIRES

§ 1. Description des glandes. — Les glandes salivaires sont des petites masses charnues et molles qui sécrètent la salive. Elles sont au nombre de six, réparties par paires, et occupent chacune un emplacement déterminé. Ce sont les deux *parotides*, les deux *sublinguales* et les deux *sous-maxillaires* (fig. 183).

1° Les *parotides* A sont situées chacune un peu au-dessous et en avant du trou auditif : la peau seule les recouvre. Elles ont la taille d'une grosse noisette (25 grammes) et possèdent chacune un gros canal excréteur, le canal de Sténon, a, mesurant 3 millimètres de diamètre ; il se dirige en avant à la surface du muscle masséter, puis percé à angle droit le muscle buccinateur pour pénétrer dans la bouche, où il s'ouvre au voisinage de la deuxième grosse molaire supérieure ;

2° Les deux glandes *sous-maxillaires* B¹ sont ainsi appelées parce qu'elles sont situées en dedans de la mâchoire inférieure, de chaque côté du plan médian de la bouche ; en dehors elles touchent la mâchoire et en dedans les muscles de la langue. Elles sont plus petites que les précédentes (6 grammes). Chacune possède un canal excréteur, le canal de Warthon, b, (2 millimètres de diamètre), qui s'ouvre sur le côté du frein de la langue, un peu en arrière des incisives inférieures, en b'.

3° Les deux *sublinguales* C sont situées un peu en dedans des précédentes ; elles ne sont pas plus grosses qu'une petite noisette et elles sont subdivisées chacune en un certain nombre de petites masses secondaires (15 à 20), qui laissent écouler leur salive par autant de petits canaux distincts c. Ceux-ci se fusionnent en partie, et finalement il y en a cinq ou six pour chaque glande qui viennent s'ouvrir sur les côtés du frein de la langue, tout près des conduits de Warthon. Ils sont désignés sous les noms de canaux de Rivinus ou de Bartholin, qui les ont trouvés, le premier chez le mouton, l'autre chez le lion et l'ours.

La structure de toutes ces glandes est très simple et est représentée schématiquement en III, figure 20 ; le canal excréteur se divise dans l'inté-

rieur de la glande un très grand nombre de fois, d'abord en deux, puis chaque branche en deux autres et ainsi de suite. Finalement les dernières ramifications se terminent chacune par une petite ampoule microscopique ou *acinus* qui n'a pas plus de quelques centièmes de millimètre de diamètre.

Les parois de ces ampoules sont représentées en IV et V, figure 20 ; elles sont formées d'une couche de grandes cellules ovales qui ont la pro-

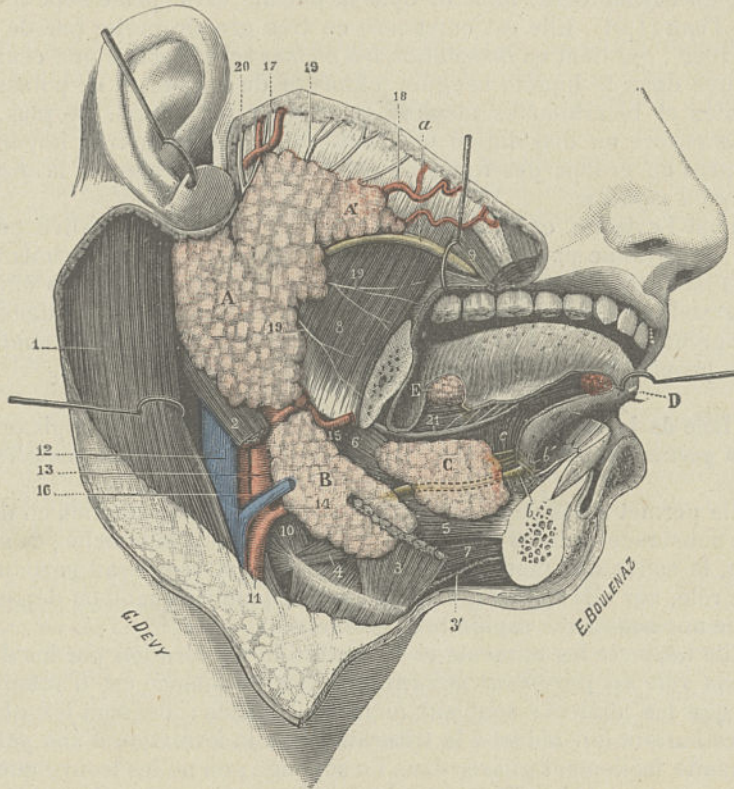


Fig. 183. — Vue d'ensemble des glandes salivaires (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

(L'os maxillaire inférieur a été coupé du côté droit à partir du menton).

A et A', glande parotïde avec son canal de Sténon *a*. — B, glande sous-maxillaire avec son canal de Warthon *b* et son orifice *b'* sur le plancher de la bouche. — C, glande sublinguale avec ses canaux excréteurs *c*. — D et F, petites glandes secondaires situées sous la langue.

priété de sécréter la salive, laquelle s'écoule à mesure dans les petits canaux de la glande. Celle-ci reçoit d'ailleurs un grand nombre de vaisseaux sanguins, dont le liquide pénètre par imbibition dans les cellules des ampoules pour les nourrir et leur fournir à chaque instant les éléments dont elles ont besoin pour faire la synthèse de la salive. Car il est important de remarquer que cette dernière n'existe pas toute formée dans le sang ; elle est fabriquée, pour ainsi dire, par les cellules sécrétrices aux dépens des substances particulières qu'elles puisent à chaque instant dans le liquide sanguin.

§ 2. **Composition de la salive.** — La salive est le mélange des liquides sécrétés par les trois sortes de glandes, et elle est quelquefois désignée pour cette raison sous le nom de *salive mixte* ; il s'y ajoute même un liquide un peu visqueux qui prend naissance dans une multitude d'autres petites glandes logées dans la muqueuse de la bouche et à la face inférieure de la langue (glandes buccales). Elle se forme, comme on le sait, d'une matière continue, mais elle augmente considérablement pendant la mastication.

C'est un liquide clair, alcalin, dont la densité est à peine supérieure à celle de l'eau (1,01). Elle est composée en très grande partie par de l'eau (995 p. 1000), qui tient en dissolution les *mêmes sels de soude* que ceux que l'on trouve dans le liquide sanguin (chlorure de sodium et de potassium, phosphates et bicarbonates alcalins, phosphate de chaux). De plus, elle renferme encore en dissolution une matière albuminoïde très importante appartenant au groupe des ferments solubles¹ et qui s'appelle la *diastase salivaire* ou *ptyaline*.

On peut l'extraire en traitant une certaine quantité de salive par de l'alcool ; la ptyaline précipite sous la forme d'une poudre légèrement grisâtre, en même temps d'ailleurs qu'un peu d'albumine ; on arrive à éliminer la plus grande partie de cette dernière en dissolvant plusieurs fois dans l'eau et en reprenant chaque fois par l'alcool. C'est ce principe qui donne à la salive la propriété de digérer partiellement les *aliments féculents*.

§ 3. **Rôle de la salive.** — Le rôle de la salive est assez complexe. Elle sert à la *gustation*, à la *mastication* et à la digestion partielle des *aliments féculents*.

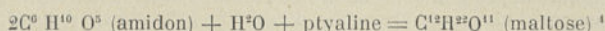
1° Elle permet à nos papilles gustatives d'exercer leur fonction en dissolvant les substances solides et solubles qui arrivent dans la bouche ; ce serait, croit-on, la salive des glandes sous-maxillaires qui remplirait particulièrement ce rôle, car elle apparaît en plus grande quantité quand on dépose sur la langue une substance sapide telle que le sel ;

2° Elle humecte les aliments et en facilite la mastication par les dents ; *ce second rôle est purement mécanique* ; son abondance est d'autant plus grande que les aliments sont eux-mêmes plus secs ; ce sont les glandes parotides surtout qui aident à la trituration et à la formation d'une pâte qui peut ensuite facilement glisser dans l'œsophage ; on ne les trouve que chez les animaux qui ont des dents pour broyer leurs aliments ; elles présentent le maximum de développement chez les herbivores qui se nourrissent d'herbes sèches, tandis qu'elles sont nulles chez la plupart des Mammifères aquatiques, tels que les Cétacés, qui ont la facilité de prendre avec leur nourriture autant d'eau qu'il leur en faut. Le cheval mâche alternativement avec les moitiés droites et les moitiés gauches des deux mâchoires, et change de sens environ tous les quarts d'heure ; or la glande qui est située du côté qui est au repos ne sécrète presque pas, tandis que celle qui se trouve du côté où les mâchoires travaillent produit deux ou trois fois plus de salive ;

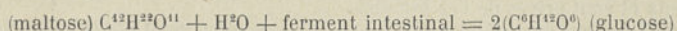
3° La salive, grâce à son ferment soluble, la *ptyaline* ou *amylase*, fait subir un commencement de digestion aux *aliments féculents*.

¹ Rappelons que tout ferment soluble s'appelle encore *zymase* ou *diastase*. Ceux qui agissent sur la fécule ou amidon sont encore qualifiés d'*amylases*.

Elle les hydrate et les transforme en *sucres de maltose* d'après la réaction :



La maltose n'est pas assimilable par l'organisme. Une fois arrivée dans l'intestin, elle se mélange avec le *suc intestinal* qui l'hydrate de nouveau et en fait du *sucres de glucose* assimilable. La réaction est la suivante :



Il n'y a absolument que les aliments féculents qui soient attaqués chimiquement par la salive. Il est à peine besoin d'ajouter que cette action ne fait que commencer dans la bouche, où les aliments séjournent à peine; elle se fait dans l'estomac où les féculents arrivent imprégnés de salive, et encore ne s'y produit-elle qu'à la condition que les liquides stomacaux soient peu acides, car la salive agit surtout en milieu neutre. C'est surtout dans l'intestin, sous l'action du suc pancréatique, que les féculents sont transformés en sucres.

La salive des Carnassiers ne renferme pas de diastase; celle des herbivores possède au contraire un grand pouvoir saccharifiant.

4° Enfin les glandes salivaires sécrètent un produit spécial qui ne se déverse pas dans la salive, mais qui retourne dans le sang (sécrétion interne) et *paraît indispensable pour le fonctionnement des glandes de l'estomac.* Un chien, privé de ses glandes salivaires, ne produit plus de suc gastrique; on fait réapparaître ce liquide en injectant dans les veines un extrait de glandes salivaires. Dans plusieurs cas observés chez l'homme, il y avait induration des glandes salivaires et arrêt de la sécrétion gastrique; celle-ci reprit son cours après la guérison des glandes salivaires.

§ 4. **Fistule salivaire.** — On peut se procurer la salive produite par chacune des trois espèces de glandes en établissant une *fistule* sur son canal excréteur; on opère de préférence sur les grands herbivores, le bœuf ou le cheval, chez qui elles sont fort développées. Pour cela on met à nu le *canal de Sténon*, par exemple, en incisant et en écartant la peau qui le recouvre; puis on pratique sur le conduit une petite ouverture dans laquelle on fixe une fine canule d'argent inoxydable, à l'autre bout de laquelle on adapte un petit récipient destiné à recevoir la salive à mesure qu'elle s'écoulera. Pour les autres glandes, on se contente d'introduire de fins tubes de verre dans leurs orifices à la base de la langue.

§ 5. **Propriétés spéciales de chaque salive.** — Le liquide de chaque sorte de glande possède des propriétés un peu particulières :

1° La *salive parotidienne* est très fluide et un certain nombre d'observations que nous avons citées précédemment indiquent qu'elle sert surtout pour la mastication. Elle est produite en bien plus grande quantité au moment des repas; son abondance est en outre proportionnelle au degré de sécheresse des aliments. Elle arrive dans la bouche au niveau des grosses molaires supérieures et tombe juste ainsi sur les matières soumises à la mastication.

Le rôle de cette salive est assez profondément modifié chez certains animaux. C'est ainsi que la glande qui produit le venin des serpents est très probablement une sorte de glande parotide qui a acquis la propriété de sécréter un liquide toxique et que l'animal utilise comme moyen de défense.

2° La salive des *sous-maxillaires* est visqueuse et s'épaissit davantage en se refroidissant; elle se forme en abondance lorsqu'on dépose une substance sapide sur la langue ou lorsqu'on montre à un animal à jeun un aliment qui excite son appétit; c'est elle qui

¹ Ce sucre est celui qui se développe dans les grains d'orge mis en germination pour la fabrication de la bière et qui constituent ce qu'on appelle le *malt*.

s'échappe par petits jets lorsqu'on dit qu'un mets fait venir l'eau à la bouche; mais sa qualité et sa quantité dépendent de la nature de l'aliment ingéré; la viande peut produire une salive extrêmement visqueuse et épaisse, douée d'un fort pouvoir digestif; au contraire, une petite pincée de sel ou de sulfate de quinine déposée sur la langue fait apparaître en quelques secondes cinq ou six fois plus de salive que la viande et cette salive est à peine visqueuse, très transparente et d'un pouvoir digestif presque nul.

On regarde aussi la salive sous-maxillaire comme présidant à la *gustation* en dissolvant les substances solides déposées sur la langue. Les Oiseaux granivores ne goûtent pas leurs aliments et sont privés de ces glandes.

Les Fourmiliers ont des glandes sous-maxillaires extrêmement développées et formant au-devant du cou une sorte de tablier qui descend très bas sur la poitrine; elles sécrètent une salive très visqueuse qui enduit la langue efflée de ces animaux et leur sert à happer les fourmis dont ils se nourrissent.

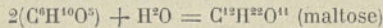
3° Enfin, la *salive sublinguale* est principalement sécrétée au moment de la déglutition; elle est également visqueuse et elle enduit la masse alimentaire d'une sorte de mucus qui lui permet de glisser plus facilement dans l'arrière-bouche et l'œsophage.

Telles sont les propriétés particulières de chacune des salives; mais il faut bien remarquer que celles-ci ne sont pas aussi nettement spécialisées dans leur rôle; comme elles sont sécrétées simultanément, elles se mélangent forcément dans la bouche et concourent toutes les trois aux différentes fonctions qui s'y passent, mais avec un degré inégal selon leur proportion et l'endroit où elles s'écoulent; si la salive parotidienne, par exemple, sert surtout à la mastication, c'est tout simplement sans doute parce qu'elle s'écoule au voisinage des molaires et qu'elle tombe directement sur la masse alimentaire qui est en train d'être broyée et que nous avons déjà goûtée.

La salive mixte est formée par le mélange de ces trois sortes de salives et du liquide visqueux que sécrètent toutes les petites *glandes buccales* logées dans toute l'étendue de la muqueuse de la bouche; celles-ci produisent également de la ptyaline et méritent qu'on leur attache la même importance qu'aux autres.

La salive est *alcaline* et agit bien en milieu neutre; mais il faut remarquer que son ferment, la *ptyaline*, peut agir aussi dans un milieu acide, car il attaque les féculents surtout dans l'estomac où la masse alimentaire est maintenue constamment acidifiée par le suc gastrique.

De plus, ce ferment ne transforme pas directement l'amidon en sucre de maltose: il change d'abord cet amidon en un produit isomère, la *dextrine* ($C^6H^{10}O^5$), qui est à son tour converti en sucre par hydratation, d'après la réaction:



On peut faire une digestion artificielle de féculents en mélangeant de la salive avec de l'amidon additionné d'eau et en maintenant le tout à 40° pendant trois heures environ: la transformation est beaucoup plus rapide si on emploie de l'amidon cuit.

V. — PHARYNX ET ŒSOPHAGE

§ 1. *Pharynx et déglutition.* — Le pharynx ou *arrière-bouche* est une cavité irrégulière, large de 5 à 6 centimètres et longue du double. Dans sa profondeur viennent s'ouvrir les deux fosses nasales, la trachée qui conduit l'air dans les poumons et enfin, en arrière, l'œsophage qui emmène les aliments dans l'estomac (fig. 184). L'intérêt de cette région consiste à voir comment les aliments, au moment de la déglutition, arrivent à s'engager dans l'œsophage et à éviter les autres orifices.

La partie supérieure de la trachée est élargie pour servir à l'émission des sons et s'appelle le *larynx*; elle est surmontée d'une languette cartilagineuse verticale située en arrière de la langue et que l'on appelle l'*épiglotte* (E, fig. 184); d'autre part, le plafond du pharynx porte une membrane musculaire pendante au fond de la bouche, au-devant de l'orifice des fosses nasales, et que l'on appelle le *voile du palais* (4); sa pointe est la *luette*.

Une fois que les aliments, mélangés à la salive, ont été mastiqués par les dents, ils sont réunis par l'action combinée de la langue et des joues en une petite boule molle qui glisse sur le dos de la langue. La base de celle-ci s'applique alors fortement contre le palais par la contraction des muscles mylo-hyoïdiens que l'on peut sentir en introduisant le doigt dans la bouche jusqu'à la dernière molaire ; les aliments sont ainsi chassés en arrière. Mais, au même moment, le larynx est tiré vers le haut par des muscles spéciaux fixés sur lui et à la base de la mâchoire inférieure ; toute la partie inférieure du pharynx remonte également vers l'extrémité supérieure en se raccourcissant de plusieurs centimètres ; cette extrémité se trouve ainsi élargie juste au moment où les aliments y arrivent, repoussés par la langue et glissant sur le dos de l'épiglotte qu'ils inclinent au-dessus de l'orifice de la trachée. Par ce mécanisme, la boule alimentaire s'engage donc tout naturellement dans l'œsophage.

La perte de l'épiglotte n'empêche pas d'avaler parce que le larynx se trouve toujours suffisamment fermé par la base de la langue au moment où il remonte. L'absorption des liquides seule présente quelques inconvénients à cause des gouttes qui peuvent rester sur le dos de la langue et descendre ensuite dans le larynx.

Lorsqu'on parle ou que l'on rit juste au moment de la déglutition, le courant d'air des poumons soulève l'épiglotte et des particules alimentaires peuvent s'engager à l'origine du larynx ; nous nous en débarrassons en toussant, c'est-à-dire en faisant venir des poumons un fort courant d'air qui ramène ces particules dans la bouche.

En second lieu, les aliments ne pénètrent pas dans les fosses nasales, d'abord parce que le voile du palais se soulève et se tend à peu près horizontalement ; mais surtout il existe au fond du pharynx, le long de la colonne vertébrale, deux muscles longitudinaux, les *piliers postérieurs* du pharynx, qui sont placés à droite et à gauche du voile du palais ; ils se contractent au moment de la déglutition, se gonflent, s'accolent comme deux rideaux qui s'avanceraient l'un vers l'autre et ferment ainsi complètement l'orifice qui reste de chaque côté de la luette ; leur rôle est beaucoup plus important que celui du voile du palais. La respiration est complètement suspendue au moment de la déglutition.

Une fois dans l'œsophage, les aliments le parcourent sans s'y arrêter et vont s'accumuler dans l'estomac.

§ 2. **Œsophage.** — L'œsophage est un tube cylindrique qui descend entre la colonne vertébrale et la trachée, traverse le diaphragme et s'ouvre dans

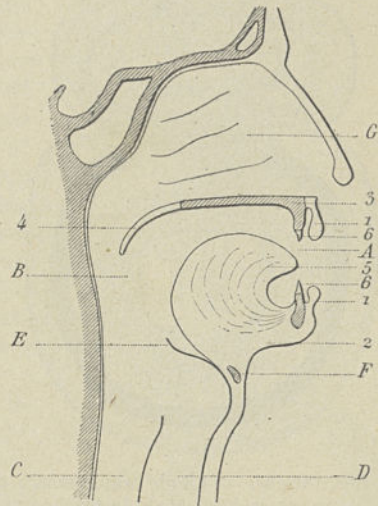


Fig. 184. — Schéma du larynx et de la déglutition (DETLING, *Corps humain*).

G, fosses nasales. — 4, voile du palais. — 5, langue. — E, épiglotte. — C, œsophage. — D, trachée.

l'estomac après un trajet de 20 à 25 centimètres; son diamètre est de 3 centimètre au maximum (fig. 187).

Ses parois comprennent deux tuniques représentées en coupe par la figure 185 :

1° Une *muqueuse* interne qui n'est pas autre chose que le prolongement de celle de la bouche et qui, comme toutes les membranes de cette nature, est formée d'un derme servant de doublure à un épithélium; ce dernier est stratifié comme celui de la bouche et est très riche en glandes en grappe;

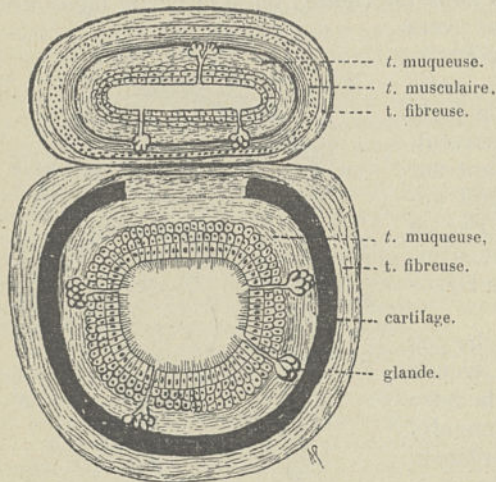


Fig. 185-186. — Coupe transversale de l'œsophage en haut et de la trachée en bas.

2° Une tunique externe *musculaire* dont les contractions sont nécessaires pour presser les aliments et les faire descendre; ses fibres ont deux directions : 1° à la périphérie elles sont longitudinales et en se contractant elles font bâiller davantage l'œsophage, pour mieux recevoir les aliments qui se présentent; 2° les autres, situées plus à l'intérieur, forment des anneaux circulaires et parallèles qui, en se contractant, pressent sur les aliments situés à leur niveau et les font cheminer plus loin.

Ces contractions simultanées dans deux directions perpendiculaires déterminent à chaque mouvement de déglutition des sortes d'ondulations successives qui commencent à la partie supérieure de l'œsophage pour se terminer à l'estomac; c'est ce qu'on appelle des *mouvements péristaltiques*; ils sont absolument involontaires, mais ce sont eux seuls qui déterminent la progression des aliments, car on peut déglutir la tête en bas; la pesanteur ne joue aucun rôle.

Les fibres de la couche musculaire sont *striées au commencement de l'œsophage* et sont partiellement remplacées par des fibres lisses vers le bas. Elles sont recouvertes à la périphérie de l'œsophage par une très mince couche de tissu conjonctif qui est signalée quelquefois comme une troisième tunique de l'œsophage (*membrane fibreuse*).

VI. — ESTOMAC ET DIGESTION STOMACALE

§ 1. **Description de l'estomac.** — L'estomac n'est pas autre chose qu'une portion du tube digestif qui s'est renflée pour former un réservoir où les aliments séjournent pendant quelques heures, et où ils sont brassés et transformés en une bouillie claire qui pourra ensuite continuer sa marche dans l'intestin (fig. 187 et 191).

Son rôle fondamental est de sécréter un liquide spécial, le *suc gas-*

trique, qui attaque chimiquement et rend assimilables les *aliments azotés*.

Il a la forme d'une cornemuse un peu inclinée sous le diaphragme. Il est à peu près transversal sur le cadavre, mais sur le vivant il est presque vertical (fig. 187). Ses dimensions à jeun sont de 25 centimètres dans le sens de sa plus grande longueur et 10 centimètres environ de largeur. Son orifice de communication avec l'œsophage s'appelle le *cardia* (1); à son autre extrémité, il s'ouvre dans l'intestin par un orifice que l'on appelle le *pylore* (2); mais à cet endroit, la paroi interne de l'estomac forme un épaississement circulaire dans lequel se trouve un muscle puissant mesurant à peu près un centimètre de largeur et qui constitue la *valvule pylorique* (5; fig. 188). Dans les conditions ordinaires, ce muscle ferme l'orifice pylorique, et il ne se distend qu'à la fin des digestions sous la pression des aliments que l'estomac chasse avec force dans l'intestin.

Rien de semblable n'existe du côté du cardia, où l'œsophage s'ouvre très largement dans l'estomac.

La face supérieure de ce dernier, ou plus exactement sa face droite (4), est concave et est désignée couramment sous le nom de *petite courbure*; sa face opposée (3) est beaucoup plus développée, convexe et s'appelle la *grande courbure*.

A mesure que les aliments arrivent dans l'estomac, ils s'accumulent principalement dans sa partie gauche, qui se renfle naturellement d'autant plus que le repas est plus copieux; c'est la *grande tubérosité* de l'estomac. Non loin du pylore se trouve un autre renflement, mais beaucoup moins accusé que le précédent et qui s'appelle la *petite tubérosité* (6, fig. 187).

§ 2. **Structure.** — La structure de l'estomac est facile à établir.

Comme cet organe communique avec l'extérieur, sa face interne est tapissée par une membrane qui n'est pas autre chose que le prolongement de la peau du corps, laquelle après s'être réfléchie au niveau des lèvres devient plus molle, rosée parce qu'elle est constamment humectée et à l'abri de l'air et prend le nom particulier de *membrane muqueuse*. La

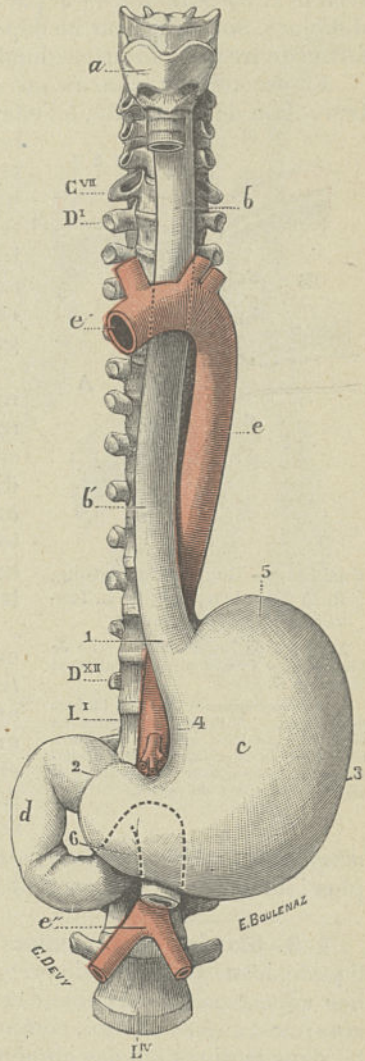


Fig. 187. — OESOPHAGE ET ESTOMAC dans leur position naturelle (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

a, larynx. — b, b', œsophage. — c, estomac. — 1, le cardia. — 2, le pylore. — 3, sa grande courbure. — 4, sa petite courbure. 6, sa petite tubérosité. — d, duodénum. — e, aorte avec sa crosse e' et e'' sa bifurcation au niveau de la 4^e vertèbre lombaire. Cvii, 7^e vertèbre dorsale. Dxi, Dxi, 1^{re} et 12^e vertèbres dorsales. L1 et L3, 1^{re} et 5^e vertèbres lombaires.

muqueuse de cette nature est constituée par un épithélium — *qui ici, est simple et cylindrique* — et par une lame de tissu conjonctif lui servant de doublure. Son épaisseur ne dépasse pas 2 millimètres (5, fig. 188); elle renferme de très nombreuses glandes que nous décrirons un peu plus loin.

En second lieu, chacun sait que l'estomac se contracte, et cela sans l'intervention de la volonté, à l'effet de brasser les aliments et de les réduire en bouillie; cela veut dire qu'il renferme dans ses parois *des fibres musculaires lisses* : les unes sont longitudinales et continuent directement celles de l'œsophage; d'autres sont transversales et croisent les précédentes à angle droit; d'autres, enfin, ont une direction oblique et sont localisées surtout dans la grande tubérosité (2, 3, 4, fig. 188).

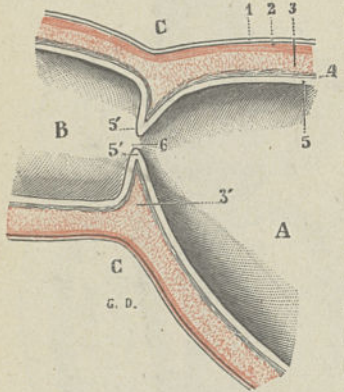


Fig. 188. — Coupe schématique de la valvule pylorique (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, cavité de l'estomac et B celle de l'intestin. — C, étranglement indiquant le niveau du pylore.

1, tunique séreuse. — 2, 3 et 4, tunique musculaire. — 5, tunique muqueuse. La tunique musculaire indéflexit ses fibres circulaires en 3' et la muqueuse s'indéflexit en 5', pour former la valvule pylorique. — 6, orifice du pylore.

Enfin, l'estomac est recouvert extérieurement, comme tous les autres viscères abdominaux, par une portion de cette enveloppe séreuse dont nous avons vu précédemment la disposition générale et qui s'appelle le *péritoine*; ce dernier forme ainsi autour de l'estomac une sorte de poche à l'intérieur de laquelle il peut librement se gonfler et se contracter (1, fig. 188 et fig. 177).

Les parois de l'estomac comprennent donc en résumé trois tuniques : 1° une *tunique interne* du groupe des *muqueuses* qui n'est pas autre chose que le prolongement de la peau extérieure; — 2° une *tunique moyenne, musculaire*, formée de fibres lisses placées dans trois directions principales et qui s'entrecroisent à la manière des fils d'une étoffe; — 3° une

membrane externe, séreuse, qui est une portion du péritoine et qui s'étend plus loin sur le foie et sur tout l'intestin.

§ 3. **Glandes de l'estomac.** — Les parois de l'estomac sécrètent un liquide, le *suc gastrique*, dans lequel se trouve un principe albuminoïde particulier appartenant au groupe des ferments solubles et que l'on appelle la *pepsine*; c'est ce ferment qui, comme nous allons l'établir, joue un rôle fondamental dans la digestion des aliments azotés.

Le *suc gastrique* est sécrété par plusieurs millions de petites glandes microscopiques qui sont logées dans l'épaisseur de la muqueuse stomacale.

On les divise en deux grandes catégories, celles du *grand cul-de-sac* et celles de la *région pylorique*.

Les premières se composent chacune d'un canal excréteur (*d*, fig. 189) dans lequel débouchent six ou huit ramifications à lumière faible ou même nulle : ce sont des *glandes digitées* (A, fig. 189). Les parois des ramifications sont formées par deux sortes de cellules : 1° les *cellules principales* serrées les unes contre les autres à la façon d'un épithélium; leur contenu est clair et très finement réticulé (*c*, fig. 189); le liquide qu'elles sécrètent renferme de la *pepsine*; 2° les *cellules bordantes* (*p*, fig. 189) sont espacées à la face externe

des tubes glandulaires ; elles sont plus volumineuses et de forme pyramidale ou pyriforme ; leur contenu est homogène et beaucoup plus granuleux ; ce sont elles qui sécrètent l'acide chlorhydrique du suc gastrique aux dépens du chlorure de sodium apporté par le sang.

Les glandes de la région pylorique sont digitées comme les précédentes ; seulement leurs parois sont uniquement formées de *cellules principales*, sans cellules bordantes à acide chlorhydrique ; le liquide qu'elles sécrètent n'est pas dépourvu de pepsine comme on l'a admis jusque dans ces dernières années, il en renferme seulement moins que les glandes du grand cul-de-sac. Ajoutons que l'épithélium qui tapisse tout l'intérieur de l'estomac sécrète de son côté le mucus qui enduit constamment la surface de la muqueuse.

§ 4. Fonction mécanique de l'estomac. — Lorsque l'estomac est vide, il reste contracté, sa surface interne est plissée, grisâtre et il n'exécute aucun mouvement. Mais dès que les aliments y arrivent, ils déterminent des réflexes par la voie des nerfs pneumogastriques (10^e paire crânienne) et ses paires musculaires se mettent à se contracter avec une énergie qui croît à mesure que

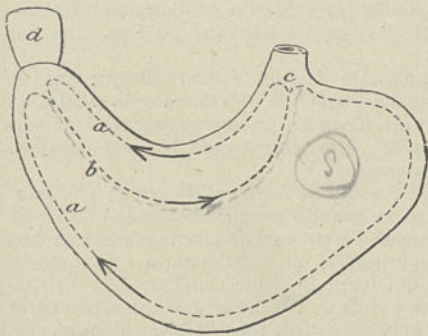


Fig. 190. — Schéma du mouvement imprimé aux aliments dans l'estomac (BEAUNIS).

a, marche des aliments du cardia c, au pylorus d.
b, direction en sens inverse.

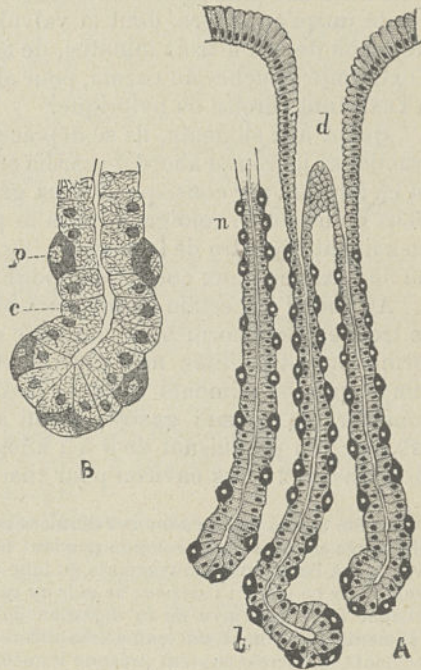


Fig. 189. — Glande digitée pepsinifère de l'estomac (VIAULT et JOLYET, *Physiologie*).

A — d, canal excréteur débouchant dans l'estomac. — B. Le cul-de-sac b fortement grossi. — c, cellules principales sécrétant la pepsine. — p, cellules bordantes granuleuses qui sécrètent HCl.

la poche se remplit. Toutefois ces contractions, dont nous nous rendons à peine compte, ne sont jamais assez fortes pour produire une véritable trituration, comme cela se passe chez les Oiseaux, dont l'estomac est doué d'une telle force musculaire que certains, comme l'autruche, peuvent déformer des morceaux de verre et des objets métalliques ; chez nous, ce rôle de trituration appartient spécialement aux dents, dont les Oiseaux sont dépourvus.

Mais les contractions de notre estomac sont néanmoins largement suffisantes pour *brasser* les aliments et les mélanger intimement entre eux et avec le suc gastrique. Elles com-

mencent au cardia et se propagent vers le pylore, d'abord très lentement, puis avec une plus grande intensité à partir du voisinage de la petite tubérosité jusqu'au pylore, dont la valvule reste fermée; au bout d'un intervalle de repos de une à trois minutes, de nouvelles contractions recommencent à l'extrémité gauche, au cardia, pour aller se terminer comme précédemment à l'extrémité droite ou pylorique.

Quant aux aliments, ils se déplacent naturellement dans le sens des contractions; ils vont d'abord du cardia au pylore en suivant les deux courbures et en formant par conséquent deux grands courants (*a, a*, fig. 190); puis ces deux courants se rejoignent vers le pylore et retournent du côté du cardia en suivant le centre de la cavité (*b*, fig. 190); arrivés au cardia, ils se divisent de nouveau en deux courants superficiels (*a, a*).

Au bout d'un certain temps, variable avec la nature des aliments, ceux-ci se trouvent transformés en une sorte de bouillie claire appelée le *chyme*; sa formation est facilitée non seulement par les liquides absorbés en même temps que les aliments solides, mais encore par la quantité relativement considérable de suc gastrique qui s'écoule de la muqueuse; car notre estomac, en produisant de 5 à 7 kilogrammes par jour, cela représente une moyenne de 2 litres environ pour chacun des trois repas de la journée.

Il a été admis jusque dans ces derniers temps que l'estomac se vidait en une ou deux fois, après un brassage prolongé pendant trois ou quatre heures; mais l'application des rayons X à l'étude des mouvements du tube digestif a complètement modifié nos connaissances sur ce point: *l'estomac se vide au contraire progressivement et par flots successifs pendant toute la durée de la digestion gastrique*. Bien mieux, les diverses catégories d'aliments séjournent un temps très différent dans l'estomac: les hydrates de carbone (féculents et sucres) passent presque immédiatement au bout de dix minutes; les albuminoïdes commencent à franchir le pylore au bout de trente à trente-cinq minutes, toujours lentement et par passages successifs; enfin les graisses séjournent plus longtemps encore. La durée totale du séjour des aliments dans l'estomac varie entre une heure et demie et cinq heures.

L'ouverture du pylore pour le passage des aliments serait provoquée par le contact du suc gastrique acide; tant qu'il y a des albuminoïdes à digérer, le suc gastrique se fixe sur eux, et ce n'est qu'après leur saturation que le nouveau suc gastrique acide peut agir sur le pylore et le faire ouvrir. Mais, d'autre part, une fois que le liquide acide est arrivé dans le duodénum, il fait fermer le pylore par voie réflexe et arrêter les contractions stomacales jusqu'à ce qu'il soit neutralisé par les liquides alcalins de l'intestin et du pancréas. L'estomac peut alors reprendre ses contractions, et c'est ce qui explique qu'il se vide par intermittences.

Toute cause qui retarde ou qui accélère l'apparition de l'acide chlorhydrique dans le suc gastrique, retarde ou active l'évacuation de l'estomac; le bicarbonate de soude, en neutralisant le suc gastrique, est une cause de retard. L'eau n'a pas du tout sur la muqueuse la même action que les aliments, parce qu'elle passe directement dans le duodénum (au moins en grande partie) sans s'arrêter dans l'estomac.

Les observations du Dr Laborde ont, en effet, confirmé l'opinion d'anciens physiologistes qui admettaient que les boissons passent en grande partie directement de l'œsophage dans l'intestin, sans séjournier dans l'estomac. Au moment de leur ingestion, ce dernier se divise pour ainsi dire en deux cavités superposées, une inférieure où s'accumulent les aliments, et une autre, en forme de canal, qui longe la petite courbure et livre passage aux boissons. Il existe à cet effet dans les parois de l'estomac des fibres parallèles à la petite courbure qui se continuent les unes avec les autres sous la forme d'une espèce d'anneau elliptique que l'on appelle la *cravate de Suisse*; ce sont leurs contractions qui font pincer l'estomac et former avec la petite courbure un canal imparfait par lequel passent directement les liquides du cardia au pylore.

§ 5. Anciennes observations faites sur le rôle de l'estomac. — Il a été admis jusqu'au milieu du XVII^e siècle que l'estomac possédait uniquement un

rôle mécanique et les observations qui, à partir de cette époque, ont mis en évidence son action chimique ne manquent pas d'intérêt.

En 1740, le physicien Réaumur confirma d'abord les résultats de ses devanciers : en faisant avaler des tubes en verre ou des balles de plomb à des coqs et à des autruches, il les trouvait toujours déformés quelques heures plus tard par les contractions énergiques de l'estomac ; cela tient à ce que chez ces oiseaux la paroi musculaire stomacale est d'une grande épaisseur et est revêtue intérieurement d'une couche cornée très résistante, le tout capable de broyer même des corps très durs et de suppléer ainsi aux dents qui leur manquent.

Mais Réaumur alla plus loin : il fit avaler à des oiseaux voraces (corbeaux et buses) des petits tubes en bois percés de trous dans lesquels il avait introduit des petits morceaux de viande ; et retirant ces tubes quelques heures plus tard, *il constatait que la viande avait été liquéfiée*. Comme elle s'était trouvée à l'abri des contractions stomacales par les parois solides des tubes dans lesquels elle avait été enfermée, il fallait bien conclure de ces expériences que le liquide de l'estomac a la propriété de dissoudre la viande. Ce fut la première observation précise qui montra nettement que la digestion n'est pas seulement un phénomène mécanique.

Réaumur se procura ensuite du suc gastrique de ses oiseaux en substituant à la chair, dans ses tubes perforés, des petites éponges qu'il n'avait plus ensuite qu'à presser pour en extraire le liquide dont elles s'étaient imbibées ; il essaya même de faire des digestions en dehors de l'organisme en mélangeant le suc gastrique avec des aliments ; malheureusement la mort vint interrompre ses expériences.

Elles furent reprises un plus tard par le prêtre italien Spallanzani (1777-1783). Celui-ci se procura du suc gastrique par la méthode des éponges qu'avait indiquée Réaumur, ou encore en faisant avaler des petites billes creuses, en bois, à un aigle ; il en retira même de son propre estomac par ce procédé ; il mélangeait le liquide avec de la viande hachée, et maintenait le tout à la température du corps pendant plusieurs heures en plaçant ses petits flacons sous ses aisselles : *il constata que dans ces conditions la viande se dissolvait totalement*, et réalisa ainsi de la manière la plus complète une véritable digestion en dehors de l'organisme.

Enfin, un peu plus tard (1833), un médecin américain, W. Beaumont, put faire à son tour les premières observations *de visu* sur l'estomac humain. Il avait eu l'occasion de soigner un jeune Canadien qui avait eu l'estomac perforé d'un coup de fusil ; la plaie avait guéri, mais l'estomac restait avec un trou béant qui le faisait communiquer directement avec l'extérieur et par lequel il était possible de voir tout ce qui se passait dans sa cavité ; le blessé ne paraissait pas d'ailleurs s'en porter plus mal et vécut plus d'une vingtaine d'années dans ces conditions. Beaumont put suivre pendant de longs mois toutes les phases de la digestion et établir trois points importants :

1° Au moment où les aliments viennent frôler la muqueuse stomacale, celle-ci perd sa teinte grisâtre pour devenir rosée ; elle se gonfle et laisse perler à sa surface une quantité de petites gouttelettes liquides de suc gastrique, qui se mélangent au fur et à mesure avec les aliments ; *la sécrétion n'est pas continue* ; Beaumont la voyait se produire seulement après l'arrivée des aliments.

2° Il recueillit du suc gastrique dans un état de pureté plus grand que ne

l'avaient fait ses devanciers et le mélangea avec des aliments de différente nature. Il établit ainsi que les *aliments azotés* tels que la viande, le blanc d'œuf, le lait caillé ou caséine, *sont peu à peu dissous par le liquide stomacal* comme Spallanzani l'avait déjà vu. Toutes les recherches ultérieures faites sur ce sujet n'ont fait que confirmer les résultats généraux de Beaumont et de Spallanzani, tout en les étendant et en les précisant considérablement, comme nous le verrons plus loin.

3° Enfin il établit que les différents aliments ne sont pas tous digérés avec la même rapidité et dressa une liste intéressante du temps que chacun d'eux passe dans l'estomac. Il vit que c'est le riz qui y séjourne le moins longtemps, car au bout d'une heure il pénètre dans l'intestin ; — le poisson (truite et saumon) y reste une heure et demie en moyenne ; — le lait bouilli et les œufs crus, deux heures ; — les volailles, deux heures et demie quand elles sont bouillies et quatre heures et demie quand elles sont rôties ; — le bœuf rôti et le fromage, trois heures et demie, etc.

§ 6. Préparation du suc gastrique. — Aujourd'hui on se procure du suc gastrique par le procédé de la *fistule gastrique* imaginé par Blondlot de Nancy (1843). On fait une incision sur la paroi de l'abdomen et on attire l'estomac que l'on perce à son tour ; dans l'ouverture ainsi obtenue, on fixe une canule d'argent dont on ferme l'extrémité inférieure par un bouchon vissé.

Lorsqu'on veut obtenir du suc gastrique, on fait manger à l'animal quelques gros morceaux de viande crue qui provoquent une abondante sécrétion ; le suc gastrique s'écoule au dehors avant d'avoir eu le temps d'imprégner la viande et on le recueille dans un récipient quelconque.

Un chien de taille moyenne produit de 70 à 80 grammes de suc gastrique par heure. L'homme en sécrète journellement de 5 à 7 kilogrammes ; la plus grande partie de ce liquide, une fois déversée dans l'intestin, est réabsorbée en même temps que les aliments digérés, et c'est évidemment ce qui explique que l'organisme ne souffre pas d'une sécrétion stomacale aussi considérable.

Le procédé de Blondlot donne du suc gastrique toujours impur, mélangé de salive et d'aliments digérés ou non digérés ; de récentes recherches physiologiques ont fait modifier la technique de différentes manières.

1° On pratique une fistule œsophagienne en même temps que la fistule gastrique, c'est-à-dire que l'on sectionne l'œsophage et on le met en communication avec l'extérieur à travers la peau du cou. A chaque repas, les aliments une fois mastiqués et déglutis, sortent au dehors par l'ouverture œsophagienne ; mais, bien que *ce repas soit purement fictif*, il se produit une sécrétion gastrique abondante provoquée par une excitation psychique que conduisent les nerfs pneumogastrique, et qui s'arrête d'ailleurs si on sectionne ces nerfs au-dessus du point où se détachent les filets cardiaques. Le suc gastrique qui s'écoule par la fistule est pur (*Expérience de Pavlow*).

2° Il est préférable d'employer le procédé suivant qui permet de nourrir plus facilement l'animal : on fait une ligature dans la région du grand cul-de-sac de l'estomac, de façon à séparer celui-ci en deux poches : une grande qui conserve les relations avec l'œsophage et l'intestin, et une autre plus petite, inférieure, qui n'a plus de communication avec l'autre et sur le fond de laquelle on pratique une fistule gastrique (*petit estomac de Pavlow*). A chaque repas le petit estomac sécrète activement du suc gastrique pur.

3° Enfin on peut isoler complètement l'estomac en sectionnant le cardia et le pylore ; on relie ensemble l'extrémité de l'œsophage avec le commencement de l'intestin pour permettre de nourrir l'animal ; cet isolement de l'estomac ne produit pas de désordres graves ; il faut seulement diminuer chaque ration et augmenter le nombre des repas. L'estomac ainsi isolé sécrète comme dans les conditions ordinaires.

§ 7. **Excitants des glandes stomacales.** — Les recherches récentes de Pavlow (physiologiste russe) ont établi qu'il faut considérer deux sortes d'excitants des glandes stomacales, *chimiques* et *psychiques*.

1° Les *excitants chimiques* sont constitués par la plupart des aliments qui arrivent dans l'estomac et dont les plus actifs sont le lait, la gélatine, la viande, le bouillon de viande et les peptones. Ces aliments renferment des substances chimiques qui agissent sans doute directement sur les cellules glandulaires, à moins qu'elles n'excitent les terminaisons nerveuses sensibles de la muqueuse. Une demi-heure après leur arrivée dans l'estomac du chien, il se produit une sécrétion abondante qui dure sept ou huit heures. Les *excitations purement mécaniques* telles que le frottement des aliments contre la muqueuse, ne déterminent pas de sécrétion, contrairement à l'opinion des anciens physiologistes ; l'arrivée de petits cailloux dans l'estomac n'a en effet aucune action.

Les divers aliments ont d'ailleurs une action chimique très variable ; ce sont les viandes et les extraits de viande qui ont la plus grande activité ; le pain, l'amidon et le blanc d'œuf seraient inefficaces ; les graisses mettraient même obstacle à la sécrétion chimique : 100 centimètres cubes d'huile ajoutés à la ration d'un chien diminuent très notablement la sécrétion gastrique ainsi que sa puissance digestive.

2° Les *excitants psychiques* sont ceux qui portent leur action directement sur les filets sécréteurs des nerfs pneumogastriques se rendant à l'estomac. La *vue* et l'*odeur* d'un aliment désiré constituent les plus puissants excitants des fibres sécrétrices. Il suffit de faire passer de la viande et du pain sous les yeux d'un chien affamé pour que la sécrétion gastrique commence au bout de cinq minutes ; mais elle ne dure que deux ou trois heures.

Dans toutes les expériences dont nous avons parlé précédemment pour obtenir du suc gastrique, œsophage ouvert au dehors sur le devant du cou, petit estomac de Pavlow, estomac complètement séparé du reste du tube digestif, c'est toujours une *sécrétion psychique* qui s'établit ; les pneumogastriques sont les conducteurs des excitations. Cependant l'excitation produite par les aliments sur les papilles gustatives paraît avoir aussi une certaine influence, car dans le cas du repas fictif fourni au chien dont l'œsophage s'ouvre au dehors, la sécrétion ne se produit pas si on fait déglutir à l'animal des substances non alimentaires.

§ 8. **Composition chimique du suc gastrique.** — Le suc gastrique est un liquide limpide, incolore et à *réaction toujours acide*. Il renferme :

- 1° Une grande quantité d'eau (99 $\frac{1}{4}$ p. 1000) ;
- 2° Des *sels* (chlorure de sodium, phosphate de calcium (2 gr. p. 1000) ;
- 3° Un *acide libre*, l'acide chlorhydrique, qui provient de la décomposition du chlorure de sodium et qui existe dans la très faible proportion de 1 à 4 p. 1000. *On ne trouve d'acide libre dans aucun autre liquide digestif ;*

4° Enfin, *trois substances azotées* dissoutes qui appartiennent à la catégorie des *ferments solubles* ou *diastases*. Ce sont : 1° la *pepsine*, qui digère les aliments albuminoïdes en présence de l'acide chlorhydrique et reste inerte dans un milieu neutre ou basique (3 p. 1000) ; — 2° la *présure* qui coagule la *caséine* ou matière albuminoïde du lait, après quoi celle-ci est digérée par la pepsine ; — 3° la *lipase*, ferment qui digère les graisses et qui est identique à la lipase du suc pancréatique.

Pour préparer la *pepsine*, on traite le suc gastrique par dix fois son volume d'alcool ; la pepsine se précipite, *mais elle est accompagnée d'une petite quantité d'albumine ordinaire* qui existe toujours dans le suc gastrique normal et que l'alcool précipite également. Pour séparer les deux substances, on traite le précipité par l'eau qui dissout la pepsine, mais entraîne aussi un peu d'albumine. On répète l'opération plusieurs fois de suite pour éliminer progressivement ce dernier produit, et on obtient finalement une poudre légèrement jaunâtre qui est de la pepsine.

Toutefois on n'arrive jamais à obtenir celle-ci à l'état chimiquement pur. On n'en connaît ni la composition ni la dose d'une manière absolument exacte, et on est réduit à juger de la richesse du suc gastrique en pepsine par la quantité de matières azotées qu'il est capable de dissoudre.

Sauf l'eau et les sels, aucun des principes du suc gastrique n'est contenu dans le sang ; ces principes sont élaborés exclusivement par les cellules sécrétrices des glandes stomacales aux dépens, bien entendu, d'éléments spéciaux apportés par le liquide sanguin.

L'acide chlorhydrique paraît se former dans les *cellules de bordure* des glandes pepsinifères (p, fig. 489), et aux dépens du chlorure de sodium que le sang renferme toujours dans une très notable proportion (jusqu'à 7 p. 1000). L'acidité du suc gastrique est, en effet, d'autant plus grande que la quantité de chlorure de sodium est elle-même plus considérable dans le sang. La suppression des chlorures dans l'alimentation amène au bout d'un temps assez long, il est vrai, celle de l'acide chlorhydrique ; d'autre part, l'urine de l'homme qui est d'ordinaire acide, devient alcaline pendant les repas. Si on remplace les chlorures par des bromures ou des iodures, c'est de l'acide bromhydrique ou de l'acide iodhydrique qui se substitue à l'acide chlorhydrique.

A la fin des digestions, le suc gastrique renferme très fréquemment de l'*acide lactique* provenant de la fermentation des aliments amylacés.

§ 9. Rôle de la pepsine; digestion des albuminoïdes. — Pour l'étudier, on fait des *digestions artificielles* dont les résultats peuvent être regardés comme très approchés de ce qui se passe normalement dans l'estomac. On mélange du suc gastrique frais avec des morceaux de blanc d'œuf bien cuit, par exemple, et on met le récipient dans une étuve réglée à la température constante de 38°, qui est celle du corps ; à défaut de suc gastrique, on emploie de la *pepsine* en poudre que l'on fait dissoudre dans de l'eau acidulée au 2 ou 3 millièmes. On peut constater alors que les fragments de blanc d'œuf sont peu à peu rongés par le liquide digestif ; les angles s'émoussent et au bout de cinq à six heures ils finissent par être totalement liquéfiés.

Cette albumine ou blanc d'œuf a été non seulement dissoute, *mais encore hydratée, dédoublée et transformée en d'autres albumines* ayant des propriétés différentes de la précédente, et dont les deux principales sont les *albumoses* et les *peptones*. Ces deux albumines de transformation diffèrent l'une de l'autre par quelques propriétés chimiques, mais elles sont toutes les deux *solubles dans l'eau, osmosables et assimilables* ; c'est sous cette forme que les aliments albuminoïdes traversent la muqueuse intestinale pour pénétrer dans le sang. Il y a habituellement un tiers de *peptones* et deux tiers d'*albumoses*.

Les principales différences entre les aliments albuminoïdes ordinaires

tels que le blanc d'œuf et les albumines digérées sont les suivantes :

1° L'albumine de l'œuf se coagule vers 70° (œuf cuits sur le plat ou œufs durs); les *peptones* et les *albumoses* au contraire restent liquides même lorsqu'on les soumet à la température de 100°;

2° L'albumine n'est pas *osmosable*, c'est-à-dire qu'elle n'a pas la propriété de passer au travers des membranes minces; déposée directement

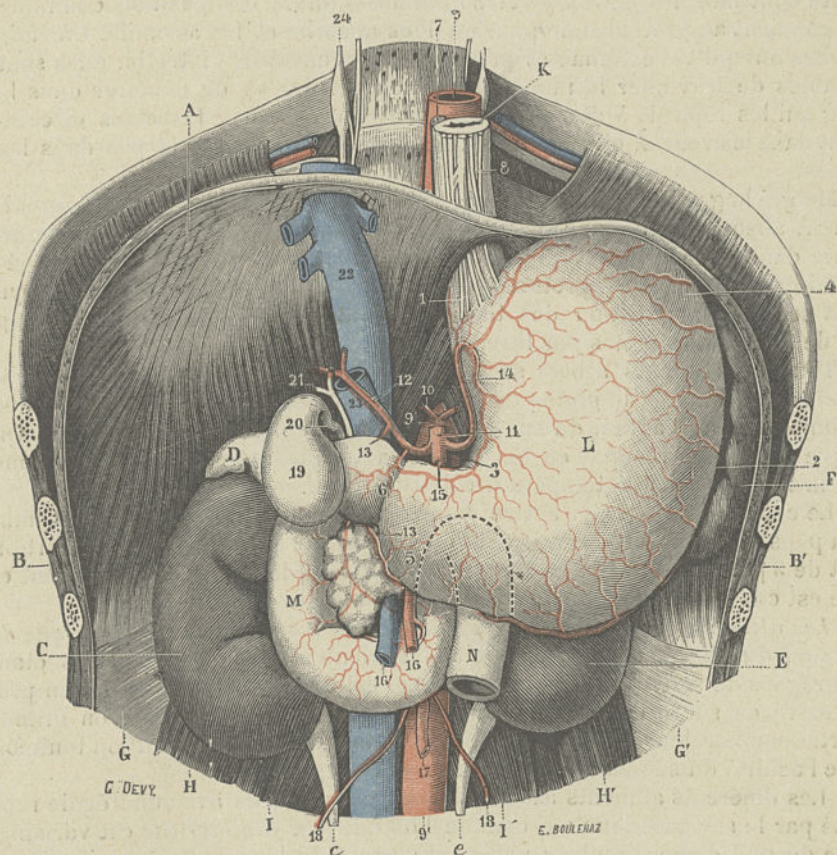


Fig. 191. — Place de l'estomac et ses rapports avec les organes voisins; le foie est enlevé (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, diaphragme. — C, rein droit. — E, rein gauche. — F, rate. — K, œsophage. — L, estomac.

M, duodénum, avec la tête du pancréas dans son anse.

9 et 9', aorte. — 11, tronc cœliaque avec ses trois branches. — 19, vésicule biliaire. — 22, veine cave inférieure. — 23, veine porte.

dans la cavité de l'intestin, elle ne serait pas capable de traverser sa paroi pour aller se mélanger au sang parce qu'elle appartient au groupe des substances *colloïdes*. Les *peptones* et les *albumoses*, au contraire, sont capables de traverser les membranes minces et en particulier l'épithélium de l'intestin pour aller se répandre ensuite dans tout l'organisme: elles appartiennent au groupe des substances *crystalloïdes*.

3° Le blanc d'œuf, bien qu'il soit liquide et susceptible de se laisser

étendre d'une grande quantité d'eau, n'est cependant pas *assimilable* par l'organisme; il ne se trouve pas sous la forme chimique particulière qui convient au protoplasme. La preuve en est que si on en injecte une certaine quantité directement dans les veines, — ce qui fait qu'elle n'est pas soumise à l'action du suc gastrique — elle est rejetée tout entière au dehors par l'intermédiaire des reins; aucune partie n'est absorbée.

Au contraire, les *peptones* et les *albumoses* ont la composition chimique qui convient au protoplasme pour qu'il les absorbe et les assimile. Une fois qu'elles ont quitté l'estomac et qu'elles se trouvent dans l'intestin, elles sont capables de traverser la muqueuse de ce dernier et de pénétrer dans le sang qui les répartit à son tour dans tout l'organisme. Projetées directement dans les veines, elles sont assimilables et n'apparaissent pas dans les urines.

Malgré la grande proportion de peptones ou d'albumoses qui est journellement absorbée, on n'en trouve cependant jamais qu'une quantité insignifiante dans le sang; c'est qu'aussitôt après leur passage à travers l'épithélium intestinal, elles sont retransformées en une autre *albumine spéciale* qui peut servir à la nutrition des tissus et dont la proportion dans le sang est de 70 à 80 grammes par litre.

Tous les aliments azotés sans exception, la *musculine* de la viande, la *caséine* du fromage, le *gluten* du pain, etc., deviennent des peptones et des albumoses sous l'action du suc gastrique, tout comme le blanc d'œuf. On arrive au même résultat en cuisant de la viande sous pression dans une marmite de Papin à la température de 105 à 106°.

Le chlorure de sodium active considérablement la peptonisation. Quant à la pepsine, elle a un pouvoir actif considérable; il suffit que sa proportion soit de 3 p. 1000 pour que l'attaque des albuminoïdes se fasse rapidement et elle est capable de transformer 2000 fois son poids d'aliments.

Les aliments féculents n'éprouvent aucune transformation chimique de la part du suc gastrique. Rappelons seulement que ces féculents étant imprégnés de salive à leur arrivée dans l'estomac, leur transformation progressive en sucre de maltose par la *diastase salivaire* s'opère en grande partie pendant leur séjour dans la cavité stomacale, à la condition toutefois que l'acidité du suc gastrique ne soit pas trop grande.

Les différents aliments azotés ne sont pas attaqués avec une égale rapidité par le suc gastrique ou, comme l'on dit, leur *digestibilité* est variable; elle dépend d'abord de leur nature et surtout de leur mode de cuisson, qui fait que le liquide digestif les imprègne ensuite plus ou moins facilement. La viande saignante et les œufs crus, par exemple, sont bien plus rapidement dissous que le bœuf bouilli et les œufs durs, parce que ces derniers se trouvent très fortement coagulés par la chaleur et par suite difficilement pénétrables par leur suc gastrique.

Quant à l'acide chlorhydrique, il a plusieurs rôles importants. D'abord, sa présence est indispensable pour la digestion des albuminoïdes, car la pepsine n'agit qu'en milieu acide; du suc gastrique neutralisé perd son pouvoir digestif. En second lieu il donne au suc gastrique un grand pouvoir antiseptique; de nombreuses bactéries (choléra, charbon, etc.), sont détruites par le suc gastrique tout comme elles le sont par l'acide chlorhydrique étendu. Enfin c'est lui qui détermine la sécrétion du liquide pancréatique (p. 253).

§ 10. Différentes transformations des albuminoïdes provoquées par la pepsine. — L'action de la pepsine acide sur les aliments albuminoïdes est très complexe; elle donne naissance à toute une série d'albuminoïdes de transformation dont quelques-uns seulement paraissent bien connus et qui proviennent d'hydratations successives suivies de dédoublements qu'éprouve la molécule d'albumine. Ces transformations peuvent se résumer ainsi :

1° L'albumine est dissoute par l'action de HCl et transformée en une albumine acide, la *syntonine*, substance qui est encore coagulable par la chaleur et précipitable par les bases.

2° La pepsine à son tour fixe de l'eau sur la syntonine et la transforme en d'autres produits intermédiaires appelés les *protéoses* ou *albumoses* qui sont généralement solubles dans l'eau, non coagulables à l'ébullition, mais précipitables par le sulfate d'ammoniaque. Toutes les albumoses ne sont cependant pas absolument identiques; elles diffèrent par une plus ou moins grande solubilité dans l'eau salée; certaines d'entre elles sont encore appelées des *propeptones*.

3° Les albumoses sont à leur tour partiellement transformées en *peptones*, autres substances albuminoïdes plus simples encore, car elles ne renferment plus de soufre; elles sont solubles dans l'eau et dialysables comme les albumoses, mais en diffèrent parce qu'elles ne précipitent pas par le sulfate d'ammoniaque et qu'elles présentent la réaction du biuret (coloration rose ou violette en présence d'un excès de potasse et de quelques gouttes de sulfate de cuivre).

4° Enfin les peptones sont transformées à leur tour en substances encore plus simples du groupe des acides aminés, la *leucine*, la *tyrosine*, etc., cristallisables; c'est sans doute sous cette forme que les albumines sont assimilables par l'organisme; un ferment spécial l'*épepsine*, qui a été trouvé dans la muqueuse intestinale, produirait cette décomposition ultime des *peptones* au moment où elles franchissent l'épithélium intestinal pour pénétrer dans le sang.

Ajoutons pour terminer que toutes ces albumines de transformation, *protéoses*, *propeptones*, *peptones*, etc., ne dérivent pas forcément les unes des autres en suivant la série décrite tout à l'heure. Sous l'action de la pepsine acide, la molécule d'albumine s'hydrate et se fragmente d'un seul coup en plusieurs autres de nature différente. C'est ainsi que la digestion pepsique du blanc d'œuf donne à la fois des *albumoses*, des *peptones*, de la *tyrosine*, de la *leucine* et du *glycocolle*. Il faut donc regarder l'action de la pepsine comme conduisant non pas à la formation d'une seule substance albuminoïde assimilable, mais à un ensemble complexe d'albuminoïdes prenant naissance simultanément et variant avec la nature des aliments azotés digérés.

§ 11. Second ferment du suc gastrique : la présure. — Les jeunes Mammifères, pendant la période de l'allaitement, ont un suc gastrique *dépourvu de pepsine*; celle-ci est remplacée par un ferment soluble spécial appelé *chymosine*, *présure* ou *lab ferment*, capable d'agir dans les milieux neutres, acides ou alcalins. On le prépare couramment dans les campagnes et dans les fromageries en faisant tout simplement macérer dans de l'eau légèrement salée un fragment de *caillette* (portion d'estomac) de veau et de chevreau. La solution, versée dans du lait, fait coaguler la caséine; le pouvoir coagulant de la présure est considérable : elle peut transformer 400.000 fois son poids de caséine.

L'action de la présure chez le jeune Mammifère ne consiste pas d'ailleurs en une simple coagulation; la caséine est en réalité dédoublée en deux produits distincts : une *albumose* liquide qui passe dans le sang et une *paracaséine* qui se précipite en un coagulum grâce aux sels de calcium du lait. L'absence de pepsine chez le jeune Mammifère nourri exclusivement de lait, fait naturellement penser que ce coagulum est ensuite digéré dans l'intestin par le liquide pancréatique.

Chez le Mammifère adulte, le lait introduit dans l'estomac y est encore coagulé bien qu'il n'y ait pas de présure toute formée; on cesse d'attribuer cette coagulation à l'acide chlorhydrique du suc gastrique comme on l'a fait pendant longtemps, parce qu'elle se produit encore une fois que ce suc est neutralisé. A l'arrivée du lait dans l'estomac, les glandes produiraient un *proferment* qui sous l'action de l'acide chlorhydrique deviendrait de la présure active, laquelle à son tour coagulerait la caséine. Cette coagulation précède toujours la digestion véritable effectuée ensuite par la pepsine. D'ailleurs il est vraisemblable que la présure a encore une autre fonction, car on l'a découverte chez tous les Vertébrés sans exception en traitant des fragments de muqueuse stomacale par de l'acide chlorhydrique à 2 ou 3 p. 1000.

§ 12. Troisième ferment du suc gastrique : la lipase. — L'estomac sécrète une *lipase* identique à celle du suc pancréatique et capable de digérer une partie des graisses qui

lui arrivent émulsionnées, c'est-à-dire sous la forme de fines gouttelettes (lait). Dans ces dernières années, on avait déjà constaté cette digestion des graisses dans l'estomac et on l'avait attribuée uniquement au fait qu'une certaine quantité de liquide pancréatique remonte l'estomac en franchissant le pylore, surtout quand il y a des graisses dans la cavité stomacale ; si on fait avaler des aliments très gras à un chien, le suc pancréatique apparaît en effet immédiatement dans son estomac.

Mais il a été démontré récemment que la muqueuse stomacale sécrète elle-même une lipase ; si on ligature le canal du pancréas de façon à empêcher son liquide de remonter par le pylore, il apparaît néanmoins une lipase qui commence la digestion des graisses dans l'estomac. Cette digestion des matières grasses s'y effectue donc à la fois sous l'action de la lipase pancréatique qui remonte par le pylore et sous l'action de la lipase gastrique. Nous précisons plus loin, à propos du pancréas, les transformations qu'éprouvent les graisses au cours de leur digestion. Contentons-nous de signaler pour l'instant que la lipase gastrique ne s'attaque guère qu'aux graisses qui lui arrivent déjà émulsionnées (blanc d'œuf, lait) et qu'elle en dédouble une partie en *glycérine* et *acides gras*. Cette action est d'ailleurs complètement arrêtée en présence d'une trop grande acidité du suc gastrique.

§ 13. *Propepsine et peptogènes*. — Dès l'arrivée des aliments dans l'estomac, la muqueuse se congestionne et sécrète un liquide abondant. Mais les premières portions de ce suc gastrique ne renferment que très peu ou même pas du tout de pepsine. Ce qui apparaît en premier lieu dans les cellules des glandes, ce n'est pas de la pepsine toute formée, mais seulement une substance intermédiaire appelée la *propepsine* et qui devient un peu plus tard de la pepsine sous l'influence de l'acide chlorhydrique dilué.

La digestion une fois commencée va en augmentant, puis elle se ralentit et finit par s'arrêter quand même il y aurait des restes de repas dans l'estomac. Mais si, à ce moment, on fait arriver dans le dernier une dissolution acide de pepsine, la digestion recommence. Tout cela prouve qu'après quelques heures de travail, l'estomac est incapable de fournir une nouvelle digestion et que c'est la pepsine qui manque.

Certaines substances sont capables d'accélérer la production de la pepsine et sont qualifiées pour cela de *peptogènes*. Le terme de *pepsinogène* conviendrait mieux. Les principales sont : le *jus de viande crue*, le *bouillon gras*, les *peptones* et la *dextrine*. La dextrine est un composé intermédiaire entre l'amidon et le glucose : il s'en forme à l'état transitoire dans l'action des acides étendus sur l'amidon qu'ils transforment finalement en *glucose* ; le pain grillé et la croûte de pain en renferment une certaine quantité ; le bouillon gras additionné de pain grillé est regardé comme un bon peptogène.

Les peptogènes ne produisent guère d'effet qu'une heure après qu'ils ont été absorbés, de sorte qu'il faudrait les prendre au moins une heure avant le repas pour qu'ils aient une action immédiatement efficace sur la digestion. C'est qu'en effet ils n'agissent pas directement sur la muqueuse stomacale ni sur les aliments ; *ils produisent leur effet à la condition qu'ils se trouvent dans le sang*, quelle que soit la voie par laquelle ils y pénètrent, injection intra-veineuse, injection sous-cutanée, absorption par la voie intestinale, etc. Cela semble montrer qu'ils fournissent au sang certains principes que les glandes gastriques utilisent à leur tour pour engendrer la propepsine ou la pepsine ; ce serait ainsi que les peptones provenant d'une digestion antérieure fourniraient au sang, et par suite aux cellules sécrétrices, des éléments nécessaires à la synthèse de la pepsine.

§ 14. *Pourquoi l'estomac ne se digère-t-il pas lui-même ?* — De nombreuses recherches faites dans ces dernières années ont montré que c'est une des propriétés de la *matière vivante* de ne pas être attaquée par les ferments digestifs. Des petits animaux très divers peuvent vivre dans du suc gastrique très actif, alors que des fragments de tissus morts ou même des membres de grenouille fraîchement détachés sont rapidement attaqués et dissous.

On pense avoir aujourd'hui l'explication de ces faits : il a été établi dans ces derniers temps que si les parasites de l'intestin (*Ténia*, *Ascaris*, etc.), ne sont pas digérés par le suc gastrique ou le suc pancréatique, c'est qu'ils sécrètent à la surface de leur corps une substance particulière, un *antiferment*, que l'on a pu isoler et qui neutralise l'action des ferments digestifs. De pareils antiferments ont été trouvés dans la muqueuse de l'estomac et de l'intestin grêle, et c'est à leur présence qu'il faudrait attribuer la résistance des parois de l'estomac ou de l'intestin à l'action du liquide digestif ; c'est ainsi que l'épithélium stomacal produirait une sorte d'*antipepsine* qui protégerait l'estomac contre l'action de la pepsine.

VII. — LE PANCRÉAS

Le contenu de l'estomac, au moment où il est lancé dans l'intestin, est une sorte de bouillie claire, appelée le *chyme*, dans laquelle tout est loin d'être digéré. Une partie seulement des aliments azotés a été transformée en peptones et en albumoses par le suc gastrique; une petite partie des graisses a été digérée par la lipase, et les féculents sont partiellement transformés en sucre de maltose par la salive; mais tout le reste des féculents, des graisses et des albuminoïdes est simplement plus ou moins liquéfié et non digéré. C'est ce mélange complexe d'aliments digérés avec d'autres qui ne le sont pas encore, qui constitue le *chyme*; il est acidifié par suc gastrique qui l'imprègne. Sa digestion va se terminer dans l'intestin où il se mélange dès son arrivée avec trois liquides digestifs importants, le *suc pancréatique*, la *bile* et le *liquide intestinal*.

Étudions donc tout d'abord l'action du liquide pancréatique qui, avec la bile, est le premier à se déverser sur les aliments au moment où ils débouchent dans la première partie de l'intestin ou *duodénum*.

§ 1. **Forme et structure du pancréas.** — Le pancréas est un organe allongé, en forme de langue, qui s'étend transversalement dans la cavité abdominale un peu en arrière de l'estomac; aussi n'est-il bien visible que lorsqu'on a enlevé ce dernier. Ses rapports avec les organes voisins sont

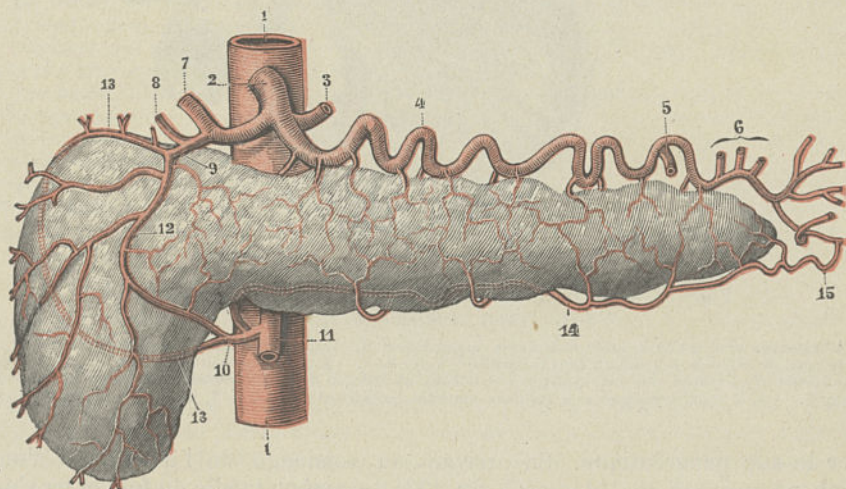


Fig. 192. — Le pancréas vu par sa face antérieure avec ses artères
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A gauche de la figure, la *tête* du pancréas et à droite sa partie effilée ou *queue*. L'aorte 1, envoie le tronc cœliaque 2, qui se divise lui-même en trois autres: l'artère coronaire stomacique 3, l'artère splénique 4 qui envoie des vaisseaux sur le pancréas, et l'artère hépatique 7 qui envoie également des vaisseaux sur le pancréas.

indiqués sur la figure 191. Il a un aspect granuleux et une couleur grisâtre tout comme les glandes salivaires auxquelles il ressemble à tel point que tous les anciens anatomistes ne l'appelaient que la *glande salivaire de l'abdomen*.

Il mesure en moyenne 15 centimètres de longueur avec 3 ou 4 de largeur; mais il est relativement très aplati, car il n'a pas plus d'un centimètre d'épaisseur. Son poids est de 60 à 80 grammes (fig. 192 et 193).

Son extrémité droite, plus volumineuse, est logée dans l'anse du duodénum (*tête du pancréas*); puis il s'effile progressivement et son extrémité de gauche (*queue du pancréas*), se termine non loin de la rate (fig. 192 et 277).

Il est parcouru d'un bout à l'autre par un conduit de la grosseur d'une plume d'oie, appelé le *canal de Wirsung* (1, fig. 193), qui chemine dans l'intérieur même de la glande et va s'ouvrir dans le duodénum pour y déver-

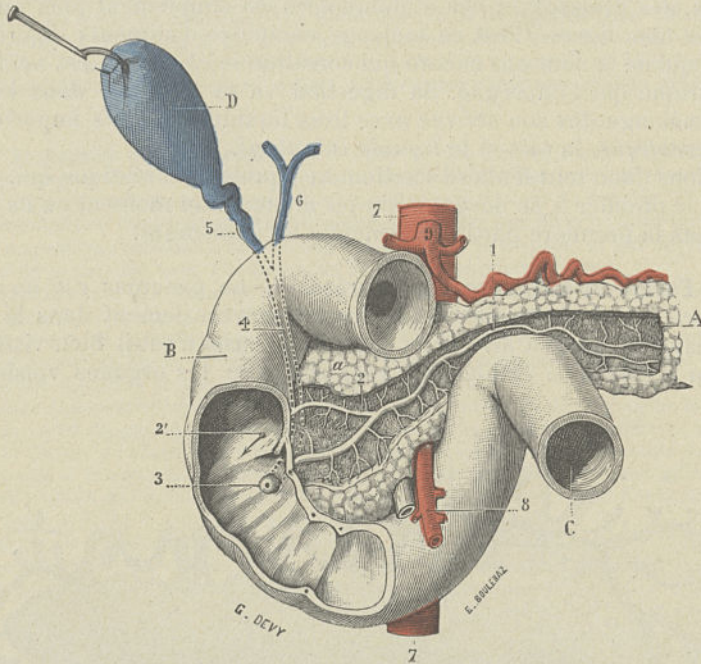


Fig. 193. — Le pancréas, sa position et ses canaux excréteurs.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, pancréas avec sa tête *a*, logée dans l'anse du duodénum B. — C, commencement du jéjunum. — 1, canal de Wirsung débouchant dans l'ampoule de Vater en 3. — 2, canal accessoire avec son orifice en 2'. — D, vésicule biliaire avec son canal cystique 5 et le canal cholédoque 4, qui s'ouvre également dans l'ampoule de Vater 3. — 6, le canal hépatique avec ses deux branches qui sortent du foie. — 7, aorte. — 9, tronc cœliaque.

ser le suc pancréatique. En arrivant au voisinage de l'intestin, il s'unit d'abord au *canal cholédoque* (4, fig. 193) qui amène la bile du foie et va s'ouvrir ensuite à côté de lui, par un orifice distinct, au fond d'une espèce de petit entonnoir formé par la paroi intestinale et que l'on appelle l'*ampoule de Vater* (3, fig. 193).

Il existe un second conduit qui s'embranché sur le canal de Wirsung dans la région de la tête du pancréas, et qui va s'ouvrir séparément dans l'intestin à 2 centimètres au-dessus de l'autre; en raison de sa faible importance, on l'appelle le *canal accessoire* (2, fig. 193).

Sur toute l'étendue de ces deux conduits, il se détache de nombreuses ramifications qui se subdivisent à leur tour un grand nombre de fois, et

finalement les dernières se terminent chacune par une petite ampoule microscopique ou *acinus* dont les parois sont formées de cellules sécrétantes. Le pancréas n'est en somme qu'une énorme glande en grappe ; sa structure est tout à fait celle des glandes salivaires et justifie parfaitement le qualificatif de *glandes salivaires abdominales* qu'on lui donne encore quelquefois (fig. 194).

§ 2. Excitants de la sécrétion pancréatique.

— La sécrétion du liquide pancréatique est intermittente ; elle se produit chaque fois que l'estomac lance son contenu dans l'intestin, par suite d'une action particulière qu'exerce le chyme acide sur la muqueuse intestinale. C'est l'acide du chyme qui produit cette action, car, toutes les fois que l'on introduit dans l'estomac d'un chien une solution acidulée quelconque, le pancréas se met à sécréter au bout de quelques minutes. Une solution de 250 centimètres cubes d'HCl à 4 ou 5 p. 1000 fait produire environ 80 centimètres cubes de liquide pancréatique en une heure. Un acide quelconque produit le même effet. Inversement une solution alcaline introduite dans l'estomac au plus fort de la sécrétion, arrête celle-ci brusquement.

Pavlov, pour expliquer l'action des acides, pensait que le HCl du chyme produisait sur les terminaisons nerveuses de l'intestin une excitation qui se transmettait par voie réflexe à la glande pancréatique.

En réalité, cet acide chlorhydrique en agissant sur la muqueuse intestinale détermine tout simplement dans les cellules épithéliales la formation d'une substance spéciale, la *sécrétine*, qui passe rapidement dans le sang, puis arrive aux cellules pancréatiques dont elle provoque une abondante sécrétion.

Les *huiles* et les *savons alcalins* (oléate, margarate et stéarate de soude et de potasse) sont également des excitants de la sécrétion pancréatique ; ces substances, introduites dans l'estomac et arrivées dans l'intestin, déterminent la production, dans les cellules épithéliales du duodénum, d'une substance particulière distincte de la sécrétine et appelée la *sapocrinine* ; elle passe dans le sang et agit rapidement sur le pancréas. Si on fait macérer un fragment de duodénum dans un savon alcalin et qu'on injecte ensuite cette solution dans les veines d'un animal, on détermine un écoulement abondant de suc pancréatique.

§ 3. Composition et rôle du liquide pancréatique.

— C'est un liquide clair et visqueux, alcalin comme la salive et le suc intestinal ; un chien pourvu d'une fistule établie sur le canal de Wirsung en sécrète environ 380 grammes par vingt-quatre heures ; des hommes pourvus également d'une fistule ont fourni des quantités très variables, de 300 à 800 grammes par jour. Il est composé en grande partie d'eau et de sels de soude parmi lesquels domine le chlorure (7 p. 1000) ; les autres sont du phosphate et du carbonate ; il contient en plus quatre *ferments solubles* différents qui lui donnent des propriétés digestives d'une très grande importance.

Le chyme renferme, avons-nous dit, au moment où il débouche dans le duodénum, et dans le cas d'un repas mixte, des *azotés*, des *féculents*, des *maltooses* et des *graisses* dont la digestion est inachevée ; les sucres de *saccharose* n'ont pas encore subi de transformation. Or le suc pancréatique en se mélangeant avec ces aliments à mesure qu'ils arrivent dans le duodénum, porte son action sur tous indistinctement, sauf sur les *saccharoses* et le *sucré de lait*, grâce à ses quatre ferments qui agissent chacun sur une substance déterminée :

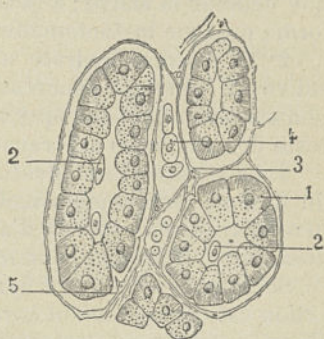


Fig. 194. — Coupe transversale dans les acini ou culs-de-sac des glandes du pancréas.

1, cellules sécrétrices. — 4, un acinus coupé par le fond.

Le crétin

Sapocrinine

amylase
1° La *diastase pancréatique* ou *amylase*, identique à la *ptyaline* de la salive et l'*amylase* pancréatique, transforme en *sucre de maltose* la partie des féculents qui a échappé à l'action de cette dernière ; mais son action est infiniment plus énergique que celle de la salive ; à la température du corps, le suc pancréatique transforme presque instantanément l'amidon en sucre de maltose ;

maltase
2° La *maltase* hydrate une partie des sucres de maltose formée par la salive et l'*amylase* pancréatique, puis les dédouble en deux molécules de *glucose* assimilables d'après la formule $C^{12} H^{22} O^{41} + H^2 O = 2C^6 H^{12} O^6$. Le reste des maltoses est transformé en glucose par le liquide intestinal.

trypsine
3° La *trypsine* est identique à la pepsine du suc gastrique et achève de digérer les aliments azotés ; elle les transforme comme la pepsine en diverses autres espèces d'albumines solubles et assimilables, *peptones*, *albumoses*, *thyrosine*, *leucine*, etc.

Seulement elle n'agit que sur des aliments *neutres* ou *basiques* ; son action est complètement enrayée en présence de 1 p. 1000 d'acide chlorhydrique, tandis que la pepsine n'agit qu'en milieu *acide* et produit son maximum d'effet avec 2 ou 3 p. 1000 d'HCl. C'est ici qu'intervient la bile : en se mélangeant avec le chyme au moment où il arrive dans l'intestin imprégné de suc gastrique acide, elle neutralise ce dernier et permet ainsi à la trypsine d'effectuer son action sur les aliments azotés.

L'estomac n'est donc pas le seul organe qui digère les aliments azotés. Il s'en peptonise à peu près autant dans le duodénum sous l'action du liquide pancréatique. Ce dernier liquide assure même à lui seul la digestion d'une quantité suffisante d'albuminoïdes, car des chiens, des chats, des porcs continuent de bien se porter après l'ablation de l'estomac, le cardia ayant été suturé au duodénum. On pratique également l'ablation de l'estomac chez l'homme dans le cas de cancer.

entérokinase
Le pancréas est pâle et anémique avant le repas ; il rougit et se congestionne bientôt après en fournissant alors un liquide abondant ; mais ce dernier, quand il est recueilli à l'abri de tout mélange avec le liquide intestinal, ne renferme qu'une trypsine complètement inactive, sans aucune action sur les albuminoïdes, et que l'on appelle le *trypsinogène* ; la trypsine n'apparaît guère que quatre heures après le repas, *après que le liquide pancréatique s'est mélangé au suc intestinal*. C'est que ce dernier renferme une substance spéciale, l'*entérokinase*, qui une fois mélangée avec le liquide pancréatique transforme le trypsinogène en *trypsine active* : l'entérokinase serait produite surtout par les plaques de Peyer (p. 261) ; il est donc de toute nécessité que le suc pancréatique et le suc intestinal se mélangent pour que la digestion trypsique puisse s'effectuer.

On a admis aussi pendant quelque temps que la rate fournit également au pancréas, par l'intermédiaire du sang, une substance spéciale qui lui est indispensable pour l'élaboration de la trypsine active : des extraits de rate ajoutés à du liquide pancréatique pur le rendaient actifs. Mais si telle est l'action de la rate, cette action n'est certainement pas indispensable parce que les chiens dératés continuent de digérer parfaitement les albuminoïdes.

Lipase
4° Enfin le liquide pancréatique renferme un *lipase* qui achève la digestion des graisses dont une petite partie a déjà été attaquée par la lipase gastrique. Une certaine proportion des graisses serait *émulsionnée* et l'autre *saponifiée*.

L'*émulsion* est l'état d'une graisse divisée en une multitude de *gouttelettes microscopiques* comme celles qui existent dans le lait frais et qui remontent à la surface pour former la crème. Du suc pancréatique mélangé avec l'huile et maintenu à 40° transforme très rapidement celle-ci en une *émulsion durable* et assimilable ; si on agite quelques centimètres cubes d'huile avec une goutte de liquide pancréatique, l'émulsion se fait instantanément et est persistante.

Une autre partie des graisses est *saponifiée*, c'est-à-dire transformée en *savon*. Pour comprendre cette réaction, il faut se rappeler que les corps gras tels que l'*oléine* (huile d'olive), la *margarine* (graisse de bœuf) et la *stéarine* (graisse de mouton) sont des acides gras, *acide oléique, margarique, stéarique* combinés avec de la glycérine.

Chauffés avec une base comme la soude, ces corps gras se dédoublent en glycérine et en oléates, margarates ou stéarates de soude qui sont des *savons alcalins* ; c'est le principe de la fabrication des savons dans l'industrie.

Dans notre organisme, il se fait aussi de véritables savons : la lipase dédouble les corps gras en glycérine et en acides gras ; une partie de ceux-ci reste libre, l'autre se combine avec les sels de soude du liquide pancréatique et donne des oléates, des margarates ou des oléates de soude. Ces *produits sont tous dissous et assimilables*, même la glycérine que les médecins ordonnent quelquefois à la place des corps gras.

Le liquide pancréatique agissant sur les graisses donne donc un mélange de *savons alcalins, d'acides gras, de glycérine et d'émulsion*.

Quelles sont les proportions de ces différents produits ? Les avis des physiologistes sont partagés. Les uns pensent que la plus grande partie des graisses est émulsionnée dans l'intestin et qu'une très faible quantité est saponifiée *une fois passée dans le sang*.

Pour d'autres, la *totalité des corps gras serait transformée* en un mélange de savons, d'acides gras et de glycérine par les différentes lipases ; mais une fois ces produits absorbés par les cellules épithéliales de l'intestin, les acides gras et la glycérine se combineraient de nouveau et reconstitueraient par synthèse les gouttelettes de graisse que l'on trouve ensuite dans les vaisseaux chylifères.

Mais un point sur lequel on est d'accord, c'est la *nécessité du mélange du suc pancréatique et de la bile* pour que les graisses soient à la fois digérées et absorbées : en l'absence de la bile, les graisses sont émulsionnées par le liquide pancréatique, mais faiblement absorbées et rejetées presque en totalité par les excréments. Cela provient de ce que la *lipase* n'existe pas toute formée dans le liquide pancréatique au moment où celui-ci arrive dans l'intestin ; ce n'est encore qu'un ferment inactif ou *proferment* qui, *en se mélangeant avec la bile*, subit une transformation particulière et devient une *lipase active*. Chez le lapin où le canal pancréatique débouche à 20 ou 30 centimètres plus bas que le canal cholédoque (fig. 268) on constate que les graisses ne sont absorbées qu'à partir du point où le liquide pancréatique et la bile arrivent à se mélanger. Nous reviendrons sur ces différents points dans l'étude du foie.

§ 4. *Sécrétion interne du pancréas ; effet de son ablation*. — Le pancréas ne sécrète pas seulement son liquide digestif ; certaines de ses cellules, connues sous le nom de cellules de *Langerhans*, produisent une substance spéciale qu'elles laissent passer directement dans le sang et qui permet aux tissus d'assimiler les glucoses auxquelles elle fait sans doute subir une décomposition particulière. A la suite de l'ablation totale du pancréas, les sucres ne sont plus utilisés par l'organisme, faute de cette sécrétion interne ; ils s'accumulent dans les organes, les reins interviennent pour l'éliminer et le *chien opéré meurt rapidement du diabète*. Le diabète est évité si on laisse en place un fragment de pancréas ou si on greffe ce fragment en un point quelconque sous la peau, de façon que l'organisme ne soit pas privé de la sécrétion interne pancréatique.

Ces faits montrent que, lorsqu'il s'agira d'étudier expérimentalement les modifications

apportées à la digestion par la suppression de l'action du pancréas, il ne faudra pas procéder à l'ablation complète de cet organe, mais se contenter de ligaturer ses deux conduits excréteurs. On constate dans ce cas que les *aliments albuminoïdes* sont encore utilisés en grande partie par la seule action du suc gastrique ; que les *féculents* le sont beaucoup moins parce qu'ils ne sont plus attaqués que par la salive, et qu'enfin les *graisses* ne sont plus guère utilisées que dans la proportion d'un tiers, malgré la lipase gastrique et celle du liquide intestinal dont nous parlerons plus loin. Les chiens ainsi traités maigrissent d'abord, puis reprennent leur état normal ; mais la digestion est beaucoup plus sérieusement entravée si on ne laisse qu'une portion du pancréas ; il faut alors suralimenter l'animal pour l'empêcher de mourir.

VIII. — INTESTIN

§ 1. Description de l'intestin. — L'intestin, qui fait suite à l'estomac, est un long tube qui peut atteindre jusqu'à 10 mètres ; il commence au pylore et finit à l'anus. Il se subdivise en deux parties bien distinctes : l'*intestin grêle* et le *gros intestin* (fig. 195).

L'*intestin grêle* est la continuation directe de l'estomac et a un diamètre moyen de 3 centimètres ; sa longueur est de 7 à 8 mètres, ce qui l'oblige à se replier un grand nombre de fois sur lui-même en décrivant des circonvolutions pour pouvoir se loger dans la cavité abdominale. Il est suspendu, pour ainsi dire, à la colonne vertébrale par les replis du *péritoine* auquel on donne souvent ici le nom particulier de *mésentère*. On le subdivise en trois régions qui sont d'ailleurs assez mal délimitées et n'ont qu'une importance secondaire. Ce sont :

1° Le *duodénum*, nom sous lequel on désigne la partie qui fait suite immédiatement à l'estomac et dont la longueur est d'environ douze tra-

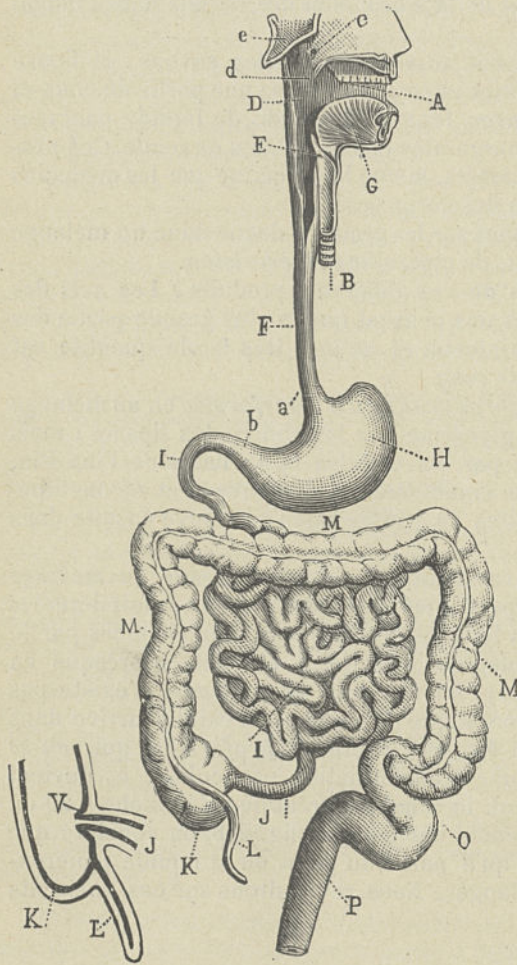


Fig. 195. — Ensemble du tube digestif.

Intestin grêle : duodénum I ; la masse flexueuse qui suit est le jéjunum ; l'iléon J. — *Gros intestin* : L, appendice vermiforme. — V, la valvule iléo-cæcale. — L, appendice vermiforme. K, cæcum. — M, colon. — P, rectum.

vers de doigt (12 à 15 centimètres). Cette première partie est la seule qui soit bien distincte ; elle commence au pylore et se recourbe pour se diriger invariablement vers la droite (I, fig. 195) ;

2° Le *jéjunum* qui comprend l'ensemble des circonvolutions que décrit ensuite l'intestin ;

3° L'*iléon*, dernière branche située à la partie inférieure de la masse viscérale et qui est dirigée vers la droite, où elle s'ouvre dans le gros intestin (J. fig. 195).

Le *gros intestin* qui vient ensuite est beaucoup plus court, car il ne dépasse guère 1^m,50, mais par contre il est beaucoup plus large et sa surface est couverte de nombreuses bosselures très accentuées (fig. 196). Ces bosselures sont dues à la présence de trois bandes musculaires étroites (8, fig. 196) qui s'étendent d'un bout à l'autre du gros intestin et qui étant plus courtes que l'intestin lui-même le forcent ainsi à se plisser.

Il commence toujours à droite de la cavité abdominale, remonte presque sous le foie, s'étend ensuite transversalement sous l'estomac et redescend finalement du côté gauche pour aller se terminer en bas, à l'anus, sur la ligne médiane du corps. Sa forme générale est donc sensiblement celle d'un U qui encadre l'intestin grêle. On le subdivise aussi en trois parties, le *cæcum*, le *côlon* et le *rectum*.

1° Le *cæcum* K est une sorte de cul-de-sac qui se trouve au-dessous du débouché de l'intestin grêle dans le gros intestin ; il se continue vers le bas par un prolongement creux et contourné L qu'on appelle l'*appendice vermiculaire* ; ce dernier, large comme une plume d'oie, a une longueur très variable chez les différentes personnes (de 3 à 15 centimètres) ; son inflammation produit l'*appendicite*.

L'*iléon*, à l'endroit où il s'ouvre dans le gros intestin, refoule devant lui la paroi de ce dernier, s'accole avec elle et forme une sorte de boutonnière à deux lèvres qui proémine dans l'intérieur du cæcum et qui est désignée sous le nom de *valvule iléo-cæcale*, parce qu'elle se trouve entre l'iléon et le cæcum (V, fig. 195 ; 1 et 2, fig. 196). Elle limite une sorte de fente que les aliments franchissent tout naturellement lorsque, poussés par les contractions de l'intestin, ils cheminent de son extrémité supérieure à son extrémité inférieure. Mais une fois qu'ils sont dans le cæcum, ils ne peuvent pas retourner dans l'intestin grêle, parce que dans le reflux ils pressent sur les parois latérales des deux lèvres de la boutonnière, les font adosser l'une à l'autre, et ferment l'orifice d'autant plus hermétiquement que la pression du reflux est elle-même plus considérable.

2° Le *côlon* M comprend une partie montante du côté droit, une partie transversale située au-dessous de l'estomac et une dernière portion descendante du côté gauche ; celle-ci, pour aller se terminer à l'anus, sur la ligne

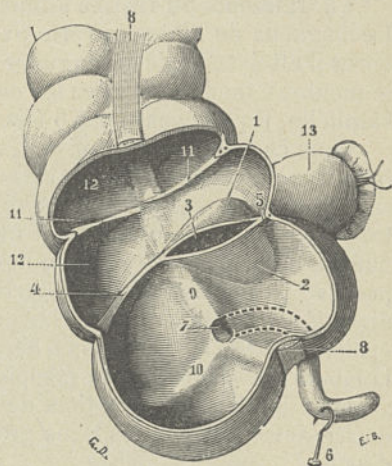


Fig. 196. — Cavité du cæcum (L. TEsTUT, *Anatomie humaine*).

Une moitié de la paroi intestinale a été enlevée pour montrer le débouché de l'iléon 13 dans le gros intestin.

1 et 2 les valves de la valvule iléo-cæcale. — 3, orifice. — 6, appendice cæcal avec son orifice en 7. — 11, 11, replis falciformes du côlon. — 10, cul-de-sac du cæcum. — 13, portion terminale de l'iléon. — 8, une des trois bandes musculaires longitudinales.

médiane du corps, est obligée de décrire une courbe qui a sensiblement la forme d'un S et qu'on appelle l'S *iliaque* (O, fig. 195).

3° Le *rectum* P est la partie tout à fait terminale du tube digestif ; il comprend l'*anus*, orifice entouré d'un muscle circulaire ou *sphincter* qui est normalement contracté, et qui se distend sous l'effet de la pression qu'exercent les déchets de la digestion, quand ils ont à s'échapper à l'extérieur.

§ 2. **Influence du régime alimentaire sur la longueur du tube digestif.** — La longueur de l'intestin varie avec le régime alimentaire : chez les herbivores il atteint 25 fois la longueur du corps (50 mètres chez le bœuf, 28 chez le mouton), tandis que chez les carnassiers, dont la nourriture est plus substantielle, il ne dépasse pas 5 fois la longueur du corps (lion, 6 à 7 mètres).

Dans ces derniers temps on a mis expérimentalement en évidence cette influence du régime alimentaire sur la longueur du tube digestif, en opérant sur des poules ; ces animaux sont normalement granivores, mais supportent très bien un régime composé uniquement de débris de viande. Sous l'influence de ce nouveau régime, des changements très importants ne tardent pas à se produire *dès la première génération* : la longueur totale du tube digestif est diminuée d'un sixième ; le gésier, qui est normalement très épais, tombe de 50 grammes à 39 en perdant un 1/6 de sa longueur primitive ; le jabot, qui est la poche œsophagienne dans laquelle s'accumulent les graines, tombe aux deux tiers de sa longueur habituelle ; enfin la quantité d'urée devient triple, les reins grossissent et les poules donnent moitié plus d'œufs.

Ces variations se continuent dans le même sens chez la deuxième génération, mais sont moins grandes en valeur absolue.

§ 3. **Valvules conniventes et villosités intestinales.** — Malgré la grande longueur de l'intestin, sa surface *interne* est encore considérablement accrue par de nombreux replis ou *valvules conniventes*, distants d'environ un centimètre et flottant librement dans sa cavité. Ces replis ont la forme de croissants qui sont placés en travers du grand axe de l'intestin comme des feuillets de porte-monnaie. On en compte près d'un millier chez l'homme.

De plus, si on examine un fragment d'intestin grêle dans l'eau, on reconnaît très facilement que sa surface interne, y compris celle des valvules, n'est pas absolument lisse, mais présente un aspect velouté qui est dû à des millions¹ de petites aspérités très fines dont les plus longues ne dépassent pas 1 millimètre, et que l'on désigne sous le nom de *villosités intestinales* (fig. 197). Chacune d'elles renferme un très riche réseau de capillaires artériels se continuant par un réseau de capillaires veineux (8, fig. 198), et son axe est parcouru par un vaisseau brillant (6) ou *vaisseau chylifère* dont nous établirons plus loin la nature. Elles ont pour rôle, comme nous le verrons plus loin, d'absorber les aliments digérés pour les faire passer dans le sang.

Ajoutons que le gros intestin possède des *valvules conniventes*, mais qu'il est dépourvu de *villosités*.

§ 4. **Structure de l'intestin.** — Elle est absolument la même, dans ses traits généraux, que celle de l'estomac dont l'intestin est la continuation ;

¹ Quatre millions, d'après Krause.

on y trouve les trois mêmes tuniques *séreuse*, *musculaire* et *muqueuse*, avec, il est vrai, quelques caractères spéciaux que nous devons noter (fig. 198) :

1° La *tunique externe* ou *séreuse* D est encore une portion du péritoine auquel on donne encore ici le nom particulier de *mésentère* : il maintient les anses intestinales en place en les tenant pour ainsi dire suspendues à la colonne vertébrale (fig. 177).

2° La *tunique moyenne* ou *musculaire* C ne comprend naturellement que des fibres *lisses*, puisque les mouvements de l'intestin échappent à notre volonté. Elles sont disposées sur deux couches : dans la couche interne, elles sont toutes *circulaires* (9) ; dans l'externe, elles sont placées *longitu-*

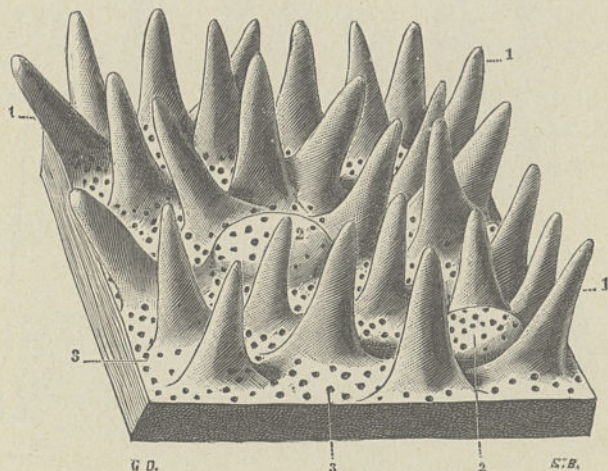


Fig. 197. — Muqueuse de l'intestin fortement grossie pour montrer les villosités intestinales (schématique) (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, 1, villosités intestinales. — 2, 2, follicules clos. — 3, 3, orifices des glandes en tube de Lieberkühn.

dinalement (10), dans le sens de l'intestin. Toutefois celles du gros intestin ne forment par une couche continue ; elles sont concentrées en trois bandes longitudinales (8, fig. 196), que nous avons déjà décrites précédemment et qui s'étendent depuis le cæcum jusqu'au rectum ; leur largeur est de 8 millimètres environ.

Quand les fibres circulaires se contractent, elles pressent les aliments et les forcent à cheminer plus loin ; les longitudinales au contraire raccourcissent légèrement l'intestin là où elles produisent leurs contractions et le forcent à s'entr'ouvrir un peu plus pour faciliter la marche de la masse alimentaire.

Ces doubles contractions circulaires et longitudinales se propagent progressivement d'un bout à l'autre de l'intestin à la manière d'un mouvement ondulatoire, et sont désignées sous le nom de *mouvements péristaltiques*.

3° La *membrane interne* ou *muqueuse* A, continuation de celle de l'estomac et de l'œsophage, est formée selon la règle générale d'un épithélium doublé d'une couche de tissu conjonctif. Il faut noter seulement que cet épithélium est simple et cylindrique (1) et que ses cellules sont très étroites,

très serrées, avec une paroi externe épaisse et finement striée (plateau de l'épithélium) (fig. 198).

Cette muqueuse renferme sur toute son étendue un nombre considérable de glandes (2) qui sécrètent le *suc intestinal* et qui sont de deux sortes, les *glandes en tube* et les *glandes en grappe*.

Les premières (glandes de Lieberkühn) sont de tout petits doigts de gants qui ne dépassent pas un dixième de millimètre, et dont les parois sont comme toujours formées d'une seule assise de cellules qui paraissent même

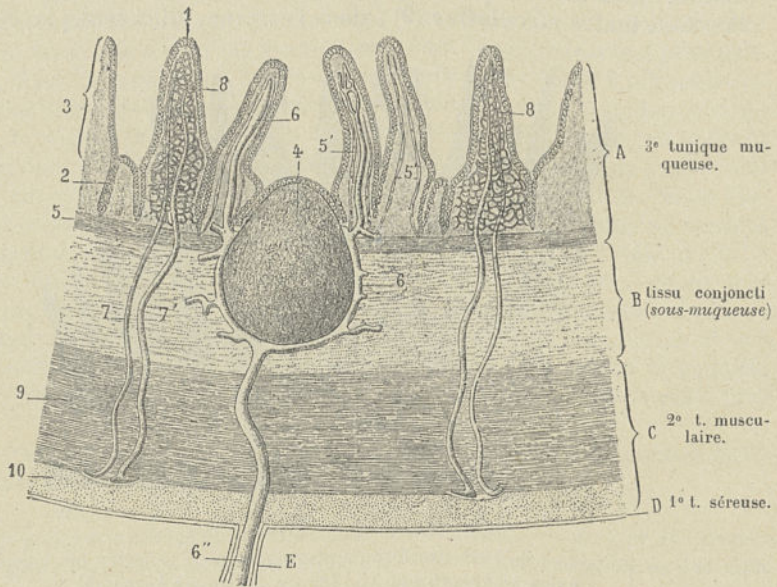


Fig. 198. — Coupe schématique de l'intestin grêle perpendiculairement à son axe.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, tunique muqueuse avec l'épithélium 1 qui recouvre les villosités et avec ses glandes en tube 2. Elle est doublée d'une couche de tissu conjonctif lâche et de fibres élastiques que l'on appelle la *sous-muqueuse* B. — C, tunique moyenne ou tunique musculaire avec ses fibres circulaires en 9 et ses fibres longitudinales en 10; celles-ci sont coupées en travers. — D, tunique externe ou séreuse, partie du mésentère E.

4, un follicule clos entouré d'un réseau de vaisseaux chylifères 6', provenant eux-mêmes d'un vaisseau chylifère 6'' du mésentère. — 6, un vaisseau chylifère occupant le centre d'une villosité et s'abouchant inférieurement avec le réseau 6' qui entoure le follicule clos. — 7, 7', artère et veine allant former dans la villosité un réseau 8 qui entoure le chylifère 6.

manquer de membrane (3, fig. 197 et 2, fig. 198). On les trouve partout, excepté à la surface des villosités.

Les *glandes en grappe* (glandes de Brünner) sont bien moins nombreuses parce qu'elles sont localisées dans le duodénum, où elles représentent pour ainsi dire la continuation des glandes en grappe de l'estomac; elles sont presque visibles à l'œil nu; elles sont formées d'un grand nombre de ramifications terminées chacune par une petite ampoule sécrétrice et rappellent ainsi tout à fait les glandes salivaires.

La muqueuse intestinale présente encore de distance en distance des petites saillies arrondies qui ont l'aspect de petits grains blancs de la grosseur d'une tête d'épingle (4, fig. 198); ce sont des organes qui appartiennent au système lymphatique que nous

étudierons plus loin, et que l'on appelle *les follicules clos* parce qu'ils sont dépourvus de canaux excréteurs.

Dans la dernière partie de l'intestin grêle (iléon) ces organes se soudent les uns aux autres et forment en moyenne une vingtaine de petites plaques blanches, longues de 1 à 2 centimètres, que l'on appelle les *plaques de Peyer*. Elles sont intéressantes à signaler parce que les bactéries pathogènes les ulcèrent dans la fièvre typhoïde et peuvent percer à leur niveau la muqueuse intestinale.

§ 5. **Composition et rôle du suc intestinal.** — Le suc intestinal est un liquide clair sécrété surtout dans le duodénum sous l'effet d'une action particulière exercée sur les glandes intestinales par l'arrivée du contenu acide de l'estomac; on n'en trouve donc pas chez l'animal à jeun. Il est alcalinisé par du carbonate de soude (2 p. 1000) et renferme surtout une notable proportion de chlorure de sodium (5 à 6 grammes p. 1000), avec de nombreux ferments qui lui donnent une grande importance.

Les phénomènes digestifs qui s'opèrent dans l'intestin sont en effet variés et complexes. Rappelons d'abord que le suc pancréatique s'y déverse accompagné de la bile et y opère son action particulière sur les aliments, après s'être toutefois mélangé au suc intestinal dont un principe, l'*entérokinase*, est nécessaire pour rendre la trypsine active.

En second lieu, la muqueuse duodénale produit une substance particulière, la *secrétine*, que le sang entraîne rapidement aux cellules pancréatiques et qui détermine leur sécrétion.

En troisième lieu, l'acidité que le chyme tient du suc gastrique est neutralisée non seulement par la bile, mais aussi dans une large mesure par le suc intestinal lui-même, dont le carbonate de soude donne, en présence de HCl du suc gastrique, du NaCl et CO². La disparition de cette acidité est indispensable pour que le suc pancréatique agisse chimiquement sur les aliments. Il est vrai qu'un peu plus loin, dans le cælon, le chyme reprend son acidité primitive par suite des fermentations microbiennes très actives qui s'y passent, bien que certaines d'entre elles soient entravées par la bile qui joue dans une certaine mesure un rôle antiseptique. Des micro-organismes en nombre considérable agissent sur les matières alimentaires et y déterminent des décompositions variées (fermentations lactique et butyrique, etc...). Il se forme aussi de nombreux gaz, CO², Az, H, du gaz des marais et même des *ptomaïnes* qui donnent aux excréments leur toxicité; mais cette acidité ne peut pas avoir d'influence sur la digestion chimique, qui s'opère en entier dans la première moitié de l'intestin grêle, surtout dans le duodénum.

Enfin vient l'action propre du suc intestinal lui-même. Les nombreuses recherches physiologiques de ces dernières années *ont très notablement étendu son rôle, que pendant longtemps on avait cru limité tout simplement à la digestion des sucres*. Il est capable en réalité d'agir sur toutes les catégories d'aliments, sauf peut-être sur les féculents qu'il ne paraît attaquer que très faiblement, et on peut diviser ses différents ferments en trois groupes, ceux des *sucres*, des *graisses* et des *albuminoïdes*.

I. DIGESTION DES SUCRES. — Le suc intestinal digère les différentes sortes de sucres, la *maltose*, la *saccharose* et la *lactose* ou sucre de lait à l'aide de trois ferments qui agissent respectivement sur chaque sorte de sucre, la *maltase*, l'*invertine* et la *lactase*.

1° La *maltase* agit sur les maltoses engendrées par l'action de la salive

et du liquide pancréatique sur les féculents ; elle les hydrate et les dédouble en deux molécules de *glucose* assimilable, selon la formule $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O + \text{maltase} = 2 C^6H^{12}O^6$.

2° L'*invertine* ou *sucrase*, découverte depuis longtemps par Cl. Bernard (1873), digère le sucre ordinaire ou *saccharose* ; elle l'hydrate et le dédouble en deux molécules isomères, l'une de *glucose* ou sucre de raisin et l'autre de *lévulose* ou sucre des autres fruits, toutes deux solubles et assimilables : $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O + \text{invertine} = C^6H^{12}O^6$ (glucose) + $C^6H^{12}O^6$ (lévulose).

C'est cette même invertine qui prend naissance quand on met en présence de la levure de bière et de la saccharose, ainsi que nous l'avons expliqué précédemment (p. 214) ; aussi extrait-on habituellement ce ferment des liquides où végète la levure additionnée d'une solution de saccharose.

3° La *lactase* digère le sucre de lait ou *lactose*, $C^{12}H^{22}O^{11}$, en le transformant en sucre de glucose selon la formule $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O + \text{lactose} = 2 C^6H^{12}O^6$. Elle existe surtout dans l'intestin des jeunes Mammifères pendant la période de l'allaitement.

II. DIGESTION DES GRAISSES. — Le suc intestinal renferme tout comme le suc gastrique et le suc pancréatique une *lipase* qui attaque les graisses ; mais elle n'agit guère que sur les graisses qui lui arrivent déjà émulsionnées telles que celle du lait, et qu'elle dédouble en acides gras et en glycérine. Son action est assez puissante ; quand on empêche l'arrivée du suc pancréatique dans le duodénum, la moitié de la graisse du lait est digérée par la lipase intestinale.

III. DIGESTION DES ALBUMINOÏDES. — Le suc intestinal ajoute enfin son action à celle du suc gastrique et du suc pancréatique pour la digestion de certains *albuminoïdes* ; il renferme un ferment spécial, l'*éreprsine*, qui a été trouvé chez le chien et chez l'homme et qui a la propriété de s'attaquer à la *caséine* ainsi qu'aux *albumoses* et aux *peptones* résultant des digestions gastrique et pancréatique ; ces deux dernières substances sont partiellement décomposées en d'autres beaucoup plus simples et assimilables dont les plus importantes sont la *leucine* et la *tyrosine* ; l'éreprsine continue donc l'action de la pepsine et de la trypsine qui, comme nous l'avons vu, transforment les albuminoïdes naturels en un mélange complexe d'albumoses, de peptones, de leucine, de tyrosine, etc.

Tous les faits précédents montrent en définitive l'importance des phénomènes digestifs qui se passent dans la cavité intestinale sous l'action combinée du liquide pancréatique, de la bile et du suc intestinal. Pour résumer tous les phénomènes chimiques de la digestion, on peut considérer ce qui se passe séparément dans l'estomac et dans l'intestin :

1° *Digestion stomacale*. — Les *féculents* sont partiellement transformés en maltose par la ptyaline de la salive ; — les *albuminoïdes* sont décomposés en un mélange d'albumoses, de peptones, de leucine et de tyrosine par la pepsine ; — les *graisses émulsionnées* sont partiellement décomposées en acides gras et glycérine par la lipase gastrique ; — enfin la *caséine* du lait est coagulée par la présure, puis attaquée par la pepsine.

2° *Digestion intestinale*. — Les *albuminoïdes* sont digérés par la pepsine du liquide pancréatique et l'éreprsine du suc intestinal ; — les *graisses* sont émulsionnées ou dédoublées en acides gras et glycérine par la lipase du liquide

pancréatique et la lipase du suc intestinal; — les *féculents* sont transformés en *maltose* par la maltase pancréatique; — les *maltoses* sont transformées en glucoses assimilables par la maltase du suc pancréatique et la maltase du suc intestinal; — les autres sucres, *saccharose* et *lactose*, sont digérés respectivement par l'invertine et la lactase du suc intestinal.

§ 6. Rôle des bactéries dans la digestion. — Le tube digestif est exempt de bactéries à la naissance; mais plus tard les aliments et les boissons en apportent un grand nombre qui se multiplient dans l'intestin au point qu'on en compte environ 2 millions par centigrammes de matière fécale. Ces bactéries sont-elles indispensables pour la digestion par les réactions qu'elles provoquent? A cela on peut répondre déjà que l'on réalise des digestions artificielles parfaites en traitant dans des tubes en verre des aliments par leurs ferments digestifs respectifs. Mais d'autre part on a fait des expériences directes: des jeunes cobayes ont été placés dès leur naissance dans des cages stérilisées où ils recevaient de l'air absolument pur et des aliments également stérilisés; leur développement dans ces conditions se faisait très normalement, et en pratiquant l'autopsie on a pu s'assurer que les bactéries manquaient dans leur tube digestif.

Il est vrai qu'il n'y a pas à faire état pour le moment de ces observations, parce que les mêmes expériences, refaites plus récemment par d'autres physiologistes, ont donné des résultats absolument inversés.

Certains physiologistes estiment que l'air et les aliments stérilisés ont à la longue une action délétère sur l'organisme, parce que les globules blancs du sang se trouveraient privés d'une excitation particulière que leur apportent normalement les microbes et perdraient peu à peu leur activité. On ne peut s'empêcher de faire remarquer que ces faits sont en opposition avec ce que l'on connaît chez les Mammifères et les Oiseaux des régions polaires, qui respirent un air absolument exempt de microbes et dont le tube digestif est aussi généralement dépourvu de bactéries.

Il est donc vraisemblable que les bactéries *ne sont pas indispensables*, mais certaines espèces doivent probablement *faciliter* la digestion de certaines substances alimentaires en leur faisant subir des décompositions préliminaires; c'est ainsi que les bactéries et les champignons qui déterminent la fermentation des fromages vieux, transforment la caséine en plusieurs produits solubles et assimilables parmi lesquels se trouvent des peptones.

La cellulose des végétaux qui constitue la base de l'alimentation des Mammifères herbivores et des Oiseaux granivores, paraît être digérée uniquement par des bactéries (*bacillus amylobacter* ou bacille de la cellulose). Elle serait d'abord hydratée, puis dédoublée en dextrine et en glucose; tandis que la plus grande partie de ce sucre est utilisée par l'organisme, le reste est transformé plus profondément; il subit les fermentations acétique et butyrique, en produisant de l'acide butyrique, du CO^2 , H, etc.; une partie subit même la fermentation alcoolique en engendrant de l'alcool et du CO^2 .

Ces mêmes fermentations ont été constatées dans l'intestin de l'homme où elles transforment de 25 à 50 p. 100 de la cellulose des végétaux tendres.

§ 7. Durée du séjour des aliments dans l'intestin. — A mesure que s'opère la liquéfaction du chyme sous l'action du liquide pancréatique et du liquide intestinal, il est poussé plus loin par les contractions de l'intestin; les fibres longitudinales et circulaires de celui-ci produisent des contractions *péristaltiques*, qui le font cheminer lentement du pylore jusqu'au cæcum. Une fois dans le cæcum, son retour en arrière est rendu impossible par la valvule iléo-cæcale.

La partie qui est digérée devient laiteuse à cause des globules graisseux qu'elle renferme; elle prend le nom de *chyle* et est absorbée en grande partie au fur et à mesure par les villosités intestinales. Cette absorption se fait particulièrement dans l'intestin grêle, mais aussi un peu dans le gros intestin, bien que ce dernier ne joue aucun rôle direct dans la digestion chimique et qu'il ne serve guère qu'à l'évacuation des résidus; on utilise dans certains cas sa fonction absorbante pour nourrir des malades par des injections rectales de substances alimentaires liquides.

Les résidus ou fèces ont une composition complexe ; ils comprennent d'abord les substances non digestibles, amidon cru, chlorophylle et cutine des végétaux, tissu élastique, etc., auxquelles s'ajoute toujours une certaine proportion des aliments digestibles qui ont échappé à l'action des ferments, sans compter que tout ce qui est digéré n'est jamais intégralement absorbé, surtout les graisses, quand elles sont en trop grande quantité. Une autre partie importante des fèces est constituée par le mucus abondant que sécrètent les parois du gros intestin, ainsi que par les nombreux débris épithéliaux qui sont constamment arrachés de la surface de la muqueuse. Enfin il faut ajouter les bactéries qui y constituent une flore d'une très grande richesse et les différents produits provenant des fermentations qu'elles provoquent : acides acétique, lactique, butyrique, CO^2 , H^2S , H , Az, gaz des marais, CH^4 , etc.

Tous ces produits deviennent de plus en plus consistants à mesure que les parties digérées sont absorbées à travers la muqueuse intestinale, en même temps qu'ils prennent une teinte brune ou même verdâtre sous l'action de la bile qui se décompose. Ils cheminent lentement, grâce aux contractions intestinales, leur progression étant retardée par les replis falciformes (11, fig. 196) du gros intestin entre lesquels ils se moulent ; ils restent environ vingt-quatre heures dans le gros intestin ; ils y restent trois ou quatre jours chez les herbivores. Finalement, lorsque l'S iliaque est plein, les contractions du rectum arrivent à les presser suffisamment pour forcer le sphincter anal à s'ouvrir et à les laisser sortir au dehors.

On a pu établir tout récemment par la radioscopie la rapidité de la marche des aliments dans le tube digestif ; on se servait d'une substance opaque aux rayons X (pâte comprimée de sous-nitrate de bismuth recouverte d'un enduit de collodion) et inattaquable par les liquides digestifs. Les résultats obtenus n'ont guère fait que confirmer les anciennes données physiologiques acquises depuis longtemps, à savoir que les aliments franchissent à peu près un mètre d'intestin grêle à l'heure, mais qu'ils font un séjour prolongé dans le gros intestin (16 à 19 heures) ; c'est environ 24 heures après l'ingestion par la bouche que le bol fécal arrive à l'S iliaque.

Remarque. — Il nous resterait maintenant à étudier le foie que nous avons classé parmi les organes annexes du tube digestif et qui déverse la bile dans la première partie de l'intestin, où elle se mélange avec les aliments au moment où ils débouchent de l'estomac. Comme cet organe joue non seulement un rôle dans la digestion, mais qu'il est avant tout un *organe d'épuration* de l'organisme et de *réserves alimentaires*, et que son étude nécessite au préalable la connaissance de l'appareil circulatoire, nous le traiterons en même temps que les autres organes d'excrétion, reins, glandes sudoripares, etc. (Ch. VIII).

D'autre part, ce serait aussi le moment de se demander de quelle façon les aliments digérés et accumulés dans la cavité intestinale, sont finalement transportés au contact des différents éléments cellulaires de l'organisme, à la nutrition desquels ils doivent servir. Comme c'est le sang qui en opère la répartition en circulant dans tous les vaisseaux capillaires et que cette question de l'*absorption* des substances digérées est ainsi intimement liée à celle de la *circulation sanguine*, nous en renvoyons également l'étude après celle de l'appareil circulatoire.

CHAPITRE II

LE SANG

Le sang joue un rôle fondamental dans notre organisme : c'est lui qui transporte dans toutes les régions du corps les éléments nutritifs, glucoses, graisses, peptones, dont nos tissus vivants ont besoin pour leurs phénomènes vitaux; c'est également lui qui, s'immiscant pour ainsi dire entre tous les éléments cellulaires, leur apporte l'*oxygène* qui est non moins indispensable à la vie du protoplasme. En même temps, il draine à son passage dans chaque organe les substances de déchet ou de *désassimilation* qui proviennent soit de l'usure graduelle des tissus, soit des réactions chimiques constantes dont ils sont le siège; il les conduit ensuite dans les organes spéciaux, reins, foie, etc., qui ont pour fonction d'en débarrasser notre organisme en les rejetant au dehors.

Le corps humain en renferme en moyenne de 5 à 6 litres, à peu près le treizième du poids du corps. Des mesures précises faites ces derniers temps par des physiologistes anglais n'ont donné qu'une moyenne de 1/20 du poids du corps.

L'arrêt de la circulation du sang dans un organe en amène immédiatement la mort; ainsi la ligature des artères de la tête (carotides et vertébrales) supprime en quelques minutes toutes les fonctions cérébrales. Une perte de 2 à 3 litres de sang est généralement mortelle.

Le sang vu en masse a l'aspect d'un liquide visqueux et sa densité est à peine supérieure à celle de l'eau, 1,05, en moyenne; mais une goutte examinée au microscope montre qu'il comprend en réalité deux substances bien distinctes : on y voit des cellules ou *globules sanguins* qui sont en suspension dans un liquide appelé le *plasma*; et l'on peut dire, par suite, que le sang est un véritable tissu formé de cellules séparées, qui nagent dans une substance interstitielle liquide.

Enfin il renferme également un certain nombre de gaz dissous ou combinés, ce qui porte à trois ses différentes parties consécutives : *globules*, *plasma* et *gaz*. Ces trois parties se retrouvent d'ailleurs dans le sang de tous les Vertébrés et y jouent chacune un rôle particulier que nous allons étudier.

I. — GLOBULES SANGUINS

Les globules ou cellules qui existent en suspension dans le liquide sanguin sont de deux sortes : les globules rouges ou *hématies* et les globules blancs ou *leucocytes*.

§ 4. **Les globules rouges.** — Les globules rouges ou *hématies* sont tout simplement des vieilles cellules qui sont parvenues au terme de leur évolution et ont perdu la faculté de se diviser ; ce qui le prouve, *c'est qu'elles ne renferment plus de noyau* et que leur protoplasma est imprégné d'une matière colorante, comme cela se présente très fréquemment chez les cellules âgées.

Chaque cellule ne se compose donc que d'une fine membrane enveloppante, très élastique et d'un contenu protoplasmique appelé quelquefois la *globuline* ; celui-ci est imprégné d'une matière colorante spéciale, l'*hémoglobine*, qui joue, comme nous le verrons plus loin, un rôle considérable dans notre organisme. Les globules rouges renferment encore des sels de potasse, tandis que le plasma est particulièrement riche en sels de soude (chlorure, carbonate et phosphate).

L'élasticité de leur membrane explique pourquoi ils peuvent s'allonger lorsqu'ils se trouvent dans des capillaires trop étroits, et reprendre leur forme circulaire dans des vaisseaux plus larges.

Fig. 199. — Globules sanguins de l'homme.

1, globules rouges empilés. — 2, globule rouge vu de profil. — 3, le même vu de face. — 4, globules blancs au repos. — 5, les mêmes en mouvement.

Ils ne sont rouges que quand ils sont en masse ; isolés, ils apparaissent d'un jaune verdâtre. Vus de face, ils sont circulaires, mais quand on les examine de profil, on voit qu'ils sont légèrement renflés sur les bords et amincis au centre : on dit couramment que ce sont des *globules biconcaves*. Ils mesurent $0^{\text{mm}},007$ de diamètre et seulement 2 d'épaisseur dans leur milieu, de telle sorte qu'entassés les uns sur les autres, il en faut 500 pour faire une pile d'un millimètre de hauteur. On estime leur nombre à 5 millions par millimètre cube de sang (fig. 199). Mais leur quantité augmente dans une forte proportion quand on s'élève sur les hautes montagnes ; un séjour à 4.000 mètres de hauteur (plateaux du Pérou) leur fait atteindre le nombre de 7 à 8 millions par millimètre cube.

Dès qu'ils sont extraits de l'organisme, ils s'accolent très facilement par petites piles et leur contour prend un aspect crénelé (fig. 199).

Leur forme et leurs dimensions sont variables chez les différentes classes des Vertébrés.

1^o Chez tous les Mammifères ils sont circulaires, biconcaves et dépourvus de noyau ; *ce dernier existe toujours cependant dans la vie embryonnaire et même pendant le jeune âge*, mais les cellules à noyau disparaissent de bonne heure pour faire place à des globules qui en sont dépourvus. Les Camélidés seuls (chameau, dromadaire et lama) possèdent des globules *elliptiques et renflés en leur milieu*, c'est-à-dire biconvexes, mais le noyau fait toujours défaut comme chez les autres Mammifères ;

2^o Chez tous les autres Vertébrés, oiseaux, reptiles, batraciens et poissons, les globules sont *elliptiques et biconvexes* comme chez les Camélidés et *renferment toujours chacun un noyau* ; ce sont des cellules complètes (fig. 200).

3^o Leurs dimensions sont toujours très faibles chez les Mammifères, où elles varient de $0^{\text{mm}},005$ chez le cheval et chez le bœuf, à $0^{\text{mm}},009$ chez l'éléphant. C'est le chevrotain porte-musc qui possède les plus petits, $0^{\text{mm}},002$; on a constaté d'ailleurs que les globules sont d'autant plus petits et par con-

séquent plus nombreux que le Mammifère est meilleur coursier et possède une activité respiratoire plus grande. Le séjour prolongé sur les hautes montagnes provoque une multiplication active des globules rouges.

Les Oiseaux ont des globules deux ou trois fois plus gros que ceux des Mammifères. Mais les Batraciens possèdent les plus volumineux : chez la grenouille ils atteignent 0^{mm},050 et chez le Protée (batracien qui vit dans les cours d'eau souterrains de la Dalmatie) 0^{mm},075; ils sont visibles à l'œil nu (fig. 200).

§ 2. **Hémoglobine.** — Cette substance, qui donne aux globules en masse leur couleur rouge et dont la composition chimique est très complexe, est de nature albuminoïde tout comme le protoplasme¹; elle existe à l'état de solution et imprègne uniformément ce dernier; comme elle est capable de cristalliser une fois qu'elle est isolée du sang, on l'appelle encore l'hématocristalline. Il y en a environ 130 grammes par litre de sang, soit 650 grammes dans tout le corps.

L'analyse spectrale y a révélé la présence de traces de la plupart des métaux; parmi eux c'est le fer qui domine de beaucoup; il y en a un demi-gramme par 100 grammes d'hémoglobine, et au total 3 grammes dans tout le corps; c'est ce qui explique les médications à base ferrugineuse que l'on prescrit aux anémiques. Mis dans l'eau pure, les globules rouges se décolorent presque instantanément en cédant leur hémoglobine à l'eau; ils restent intacts au contraire dans de l'eau salée à 7 p. 1000.

Dans l'organisme, l'hémoglobine peut se combiner avec trois gaz différents, l'oxygène, l'oxyde de carbone et l'anhydride carbonique.

1° La propriété vraiment fondamentale de l'hémoglobine est de se combiner très facilement avec l'oxygène de l'air qui pénètre dans les poumons; elle produit ainsi un composé, l'oxyhémoglobine, qui reste également dans les globules rouges et circule dans l'organisme en même temps que ces derniers. C'est vraisemblablement le fer qui fixe l'oxygène et donne Fe²O³, qui au contact des matières organiques se décompose lentement en FeO capable de s'oxyder de nouveau au contact de l'air.

Quand le sang arrive au contact des tissus, le protoplasme et certaines substances intracellulaires (graisses et glucoses) qui sont avides d'oxygène décomposent partiellement l'oxyhémoglobine, composé très instable capable de se dissocier dans le vide, lui prennent environ la moitié de son oxygène et laissent en liberté l'hémoglobine, qui pourra fixer une nouvelle quantité de ce gaz quand elle passera de nouveau par les poumons. Les globules rouges servent ainsi de véhicule à l'oxygène; ce sont eux qui le prennent à chaque instant dans les poumons et le transportent ensuite dans la profondeur de tous les organes, auxquels ce gaz est indispensable pour la vie



Fig. 200. — Globules du sang de grenouille.

a, globules rouges vus de face. — a', vus de profil.
b, cellule lymphatique ou globule blanc. — b', b', globules blancs se déplaçant et envoyant des pseudopodes.

¹ L'hémoglobine du chien paraît répondre à la formule C⁷³⁸ H¹²⁰³ Az¹⁰⁵. S³ Fe O²¹⁸.

cellulaire. Selon la pittoresque expression d'un physiologiste, ils sont les *com-mis-voyageurs en oxygène*. Nous aurons à revenir sur cette question dans l'étude de la respiration.

2° L'hémoglobine se combine aussi très facilement avec l'*oxyde de carbone* qui se dégage des réchauds de charbon; mais le composé ainsi formé, l'*hémoglobine oxycarbonée*, est très stable et ne se décompose pas dans l'organisme comme l'oxyhémoglobine; le sang se trouve de la sorte privé de l'hémoglobine libre dont il a besoin pour transporter l'oxygène aux tissus et la mort arrive par asphyxie. Cependant on peut quelquefois sauver l'animal asphyxié par CO, en lui faisant respirer un grand excès d'oxygène.

3° Enfin il est établi que l'anhydride carbonique qui se forme constamment dans l'organisme se combine également en partie avec l'hémoglobine, sans nuire sérieusement d'ailleurs à la formation de l'oxyhémoglobine; le quart du CO² formé dans le corps se combine de la sorte et forme ce qu'on appelle la *carbo-hémoglobine*.

Préparation de l'hémoglobine. — Le moyen le plus simple est de séparer les globules du plasma dans lequel ils baignent en centrifugeant; puis on traite ces globules par l'éther qui s'empare de la matière colorante; la solution dépose par évaporation des petits cristaux en forme de prismes à quatre faces, aplatis en tablettes ou allongés en aiguilles (fig. 201). Il faut opérer dans la glace, car l'hémoglobine se décompose facilement dans l'air au-dessus de 0°.

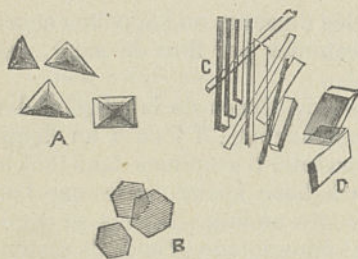


Fig. 201. — Cristaux d'hémoglobine.
A, du cobaye. B, de l'écreurille. C, D, de l'homme.

On peut encore traiter le sang par la moitié de son volume d'alcool à 95° et on abandonne ensuite le mélange dans la glace; au bout de vingt-quatre heures, il s'est formé un précipité qui renferme des petits cristaux microscopiques d'hémoglobine.

L'hémoglobine cristallise encore spontanément; lorsque l'on conserve du sang frais dans un ballon préalablement stérilisé par la chaleur pour le débarrasser de tout germe étranger, il se forme un caillot dans lequel l'hémoglobine se dépose d'elle-même en petites tablettes.

Il doit y avoir de nombreuses hémoglobines comme il y a de nombreuses chlorophylles, car la forme des cristaux varie avec les animaux (fig. 201); toutefois elles ont toutes le même spectre d'absorption.

Lorsque le sang est extrait des vaisseaux, l'hémoglobine s'altère en s'oxydant, perd son fer et forme des petits cristaux orangés d'une matière nouvelle, l'*hématoïdine*, qui est absolument identique à la matière colorante de la bile: c'est une des raisons qui font croire que cette dernière proviendrait de la destruction des globules rouges dans le foie.

Sous l'action des bases ou des acides, l'hémoglobine se décompose en une substance albuminoïde incolore et une matière colorante brune contenant le fer, l'*hématine*.

Pigment des Invertébrés. — Les Invertébrés ne possèdent jamais de globules colorés, mais renferment des globules blancs ou *leucocytes* analogues à ceux que nous décrivons tout à l'heure chez l'homme.

Cependant leur sang contient toujours des pigments capables de fixer momentanément l'oxygène pour le transporter dans l'organisme; mais ces pigments sont toujours dissous dans le plasma. Certains de ces animaux ont le sang rouge (saugsue, ver de terre) et possèdent de l'hémoglobine dissoute dans le plasma; chez d'autres, le pigment est vert ou brun; chez les Mollusques et les Arthropodes, le pigment est incolore, mais il bleuit légèrement en s'oxydant parce qu'il renferme du cuivre et non du fer, d'où son nom d'*hémocyanine*.

Numération des globules. — On met par exemple une partie de sang dans 100 parties d'un sérum artificiel qui ne déforme pas les globules (solution de gomme avec chlorure de sodium et sulfate de soude, en quantités égales à celle du plasma sanguin). On en remplit ensuite un *compte-globules*, qui n'est pas autre chose qu'un petit tube très fin et gradué en parties d'égal volume; il suffit de placer ce dernier sous le microscope et de comp-

ter le nombre des globules contenus dans un certain nombre de ses divisions. On prend une moyenne des résultats obtenus.

§ 3. **Globules blancs.** — Ils sont brillants et argentés d'où le nom de *leucocytes* sous lequel ils sont encore communément désignés (*leucos*, brillant, *cytos*, cellule); mais comme dans les conditions normales ils sont sept ou huit fois moins nombreux que les rouges, ils ne modifient pas la couleur que ceux-ci donnent au sang.

Ce sont des cellules complètes avec deux particularités intéressantes : 1° leur membrane est extrêmement délicate et même le plus souvent nulle; 2° leur noyau a parfois la forme d'un cordon présentant un, deux ou trois étranglements qui le divisent en deux, trois ou quatre segments reliés les uns aux autres; cette structure a fait croire pendant longtemps que les globules blancs avaient plusieurs noyaux. Ils prennent une part très importante dans la composition de la *lymphe* qui est formée uniquement de plasma et de globules blancs (p. 289).

Ils ressemblent aux globules des Invertébrés, qui n'en possèdent jamais de rouges.

On en compte généralement 1 blanc pour 7 ou 800 rouges; mais leur nombre peut quintupler dans certaines affections. Ils se forment principalement dans la rate, les ganglions lymphatiques et la moelle osseuse. Certains ont une forme circulaire et mesurent alors de 8 à 17 μ de diamètre (4, fig. 199); mais ils sont le plus souvent irréguliers, parce que l'absence de membrane permet à leur protoplasme de pousser, un peu dans tous les sens, des pseudopodes tout à fait comparables à ceux des *Amibes* (5, fig. 199 et *b, b'*, fig. 200). Ces prolongements se contractent et rentrent dans le corps de la cellule, tandis que d'autres se reforment, ce qui amène un déplacement lent, une sorte de reptation de la cellule sur les parois des vaisseaux (mouvements amiboïdes); aussi les désigne-t-on souvent sous le nom d'*amibocytes*.

Ils sont même capables de percer la membrane endothéliale des vaisseaux les plus fins et d'émigrer dans les mailles du tissu conjonctif pour aller prendre part à la formation de la lympe. Ce passage constitue la *diapédèse* (*diapedæin*, franchir) (fig. 213).

§ 4. **Diverses sortes de globules blancs.** — Le sang normal renferme plusieurs sortes de globules blancs qui peuvent se ramener à trois types principaux :

1° Les *lymphocytes* ou *petits globules blancs* qui n'ont pas plus de 5 à 8 μ ; ils sont arrondis, avec un noyau remplissant presque toute la cellule et ne laissant qu'une très mince couche de protoplasme à la périphérie.

2° Les *leucocytes mononucléaires* ou *gros globules blancs* mesurent de 15 à 17 μ ; leur noyau est rond ou ovalaire; leur protoplasme est abondant et complètement dépourvu de granulations; ils émigrent dans les tissus où on les trouve avec une taille qui atteint parfois jusqu'à 40 μ .

3° Les *leucocytes polynucléaires* ou *leucocytes granuleux* mesurent de 8 à 12 μ et sont caractérisés d'abord par leur noyau irrégulier, mais non multiple, comme semble l'indiquer le qualificatif impropre de *polynucléaire*; il est simplement étranglé en deux, trois ou quatre tronçons reliés entre eux par des filaments minces. De plus leur protoplasme renferme de nombreuses granulations albuminoïdes très fines qui, chez certains globules, possèdent une affinité spéciale pour les couleurs neutres (*leucocytes neutrophiles*); chez d'autres, elles se teignent par les couleurs acides comme l'éosine (*leucocytes acidophiles*). et chez quelques autres qu'on rencontre plus fréquemment dans le tissu conjonctif, elles fixent surtout les couleurs basiques comme le bleu de méthylène (*leucocytes basophiles*). Les neutrophiles sont de beaucoup les plus nombreux; ils représentent environ les trois quarts de la totalité des globules blancs.

Les rapports entre ces trois grandes catégories de globules blancs ne sont pas encore

nettement établis. Pour certains auteurs, les globules primitifs sont les lymphocytes, et par des transformations successives ils arriveraient à donner toute la série des autres. Pour d'autres auteurs, les globules *granuleux* ou polynucléaires constitueraient un groupe tout à fait distinct des globules *hyalins*, qualificatif que l'on donne souvent aux lymphocytes et aux mononucléaires parce que leur protoplasme est dépourvu de granulations.

§ 5. Rôle des leucocytes. — Le rôle des globules blancs est très complexe : ce sont des *phagocytes* et des producteurs de *ferments*, d'*antitoxines* et d'*alexines*.

1° Au cours des affections microbiennes, ils englobent à l'aide de leurs pseudopodes les bactéries pathogènes et les dissolvent. Ils absorbent également les tissus nécrosés ainsi que les vieux globules rouges ou blancs et en débarrassent l'organisme. Ils se portent en grand nombre là où il y a une blessure et englobent les éléments morts ; ils sont les agents actifs dans la disparition du pus, qui n'est qu'une agglomération de leucocytes morts, accompagnés de bactéries ; les leucocytes du poumon sont souvent chargés de poussières de charbon et arrêtent au passage les bactéries pathogènes qui pourraient être apportées par l'air.

On les qualifie pour cette raison de cellules mangeuses ou *phagocytes* (*phagein*, manger ; *cytos*, cellule), et le phénomène de la destruction auquel ils se livrent s'appelle la *phagocytose*. Lorsqu'une maladie microbienne a été mortelle, on admet que les phagocytes n'ont pas été assez nombreux ni assez actifs pour faire disparaître les bactéries pathogènes, et dans la lutte qui s'était engagée entre ces deux sortes d'éléments, l'avantage est resté aux microbes.

A côté de la phagocytose d'ordre pathologique dont nous venons de parler, il en existe une autre qui s'observe dans les tissus qui se détruisent normalement à un moment donné dans le cours de l'évolution d'un être. En voici quelques exemples communs :

Lorsque le têtard perd sa queue pour devenir une grenouille adulte, les éléments de cette queue se dissocient et pénètrent peu à peu dans l'intérieur du corps, où ils sont absorbés par des globules blancs et servent en définitive à la nutrition de l'animal.

Quand les chenilles s'enferment dans leur cocon pour se transformer en papillons, la plupart de leurs organes disparaissent par le même procédé que la queue du têtard.

Et enfin, chez nous, quand la substance du cartilage disparaît pendant le travail de l'ossification pour faire place à de la matière osseuse, elle est détruite par les cellules mêmes de l'os qui deviennent à cette occasion de véritables phagocytes.

C'est vraisemblablement aussi par un phénomène de phagocytose que les racines des dents de lait disparaissent pendant la période qui précède leur chute définitive.

2° La dissolution des corps étrangers ainsi absorbés par les leucocytes est produite par des ferments qui rappellent ceux du tube digestif et qui opèrent une véritable digestion intracellulaire ; chaque leucocyte sécrète ainsi les ferments qu'il utilise pour son propre compte. Ceux des villosités intestinales se gorgent de gouttelettes graisseuses au moment de l'absorption (p. 313), gouttelettes qu'ils digèrent au moins partiellement à l'aide de ferments appropriés. On leur attribue également la formation du ferment glycolytique qui décompose le sucre dans le sang et dont nous avons parlé plus haut.

3° Les leucocytes sont encore des agents très actifs en sécrétant des *antitoxines* qui neutralisent l'action des *toxines* d'origine microbienne, telles que celle de la *phthisie galopante* ou *tuberculose miliaire* qui agit sur le bulbe, de la *diphthérie* qui paralyse le diaphragme, du *tétanos* qui contracture les muscles, etc.

C'est par cette propriété que l'on explique l'action des *sérums*. On sait par exemple que pour préparer le *sérum antidiphthérique* du D^r Roux, on inocule sous la peau d'un cheval et à des intervalles réguliers des doses successivement croissantes de toxine diphthérique atténuée tout d'abord par l'addition de trichlorure d'iode. L'animal résiste, dit-on, parce que ses globules blancs sécrètent de leur côté des doses régulièrement croissantes d'antitoxines qui annihilent l'effet des toxines injectées, en se combinant sans doute chimiquement avec elles. Le sang que l'on retire ensuite du cheval ainsi traité renferme dans sa partie liquide ou *sérum* les antitoxines sécrétées par ses leucocytes, et l'injection de ce sérum sous la peau d'un diphthérique a pour effet de fournir d'emblée à ce dernier une certaine dose d'*antitoxine* qui, s'ajoutant à celle que forment naturellement ses leucocytes, l'aidera à neutraliser l'effet des toxines des bacilles diphthériques. Le traitement par les sérums s'appelle la *sérothérapie*.

Toutes ces antitoxines sont des matières albuminoïdes solubles; leur action est très intense : un demi-millimètre cube de sérum antitétanique suffit pour rendre un cheval réfractaire au bacille du tétanos; mais cette action ne dure généralement pas longtemps, parce qu'elles se détruisent assez rapidement; celle du sérum antipesteux n'excède pas une dizaine de jours.

4° Enfin on attribue encore aux leucocytes la formation des *alexines*, substances toxiques qui existent normalement dans le sérum sanguin et qui ont la propriété de détruire les hématies de la plupart des autres espèces animales; les globules rouges d'un animal d'espèce donnée ne vivent en effet que dans le plasma des animaux de cette espèce ou d'une espèce voisine, ce qui limite considérablement la possibilité de la transfusion du sang. Ainsi le sérum humain dissout par ses alexines les globules du lapin, du chien et du mouton; celui du chien détruit celui de l'homme et du lapin; le sérum le plus actif dans cet ordre d'idées est celui de l'anguille qui, en solution à 1 p. 20 000, est encore capable de détruire les globules du lapin.

§ 6. **Origine des globules blancs.** — Les premiers se forment chez l'embryon par des cellules mésodermiques et pénètrent dans les vaisseaux par diapédèse. Chez l'adulte, ils prennent constamment naissance dans un certain nombre d'organes que l'on qualifie d'*organes lymphoïdes* et dont les principaux sont la *rate*, les *ganglions lymphatiques*, les *amygdales* (p. 395), les *follicules clos de l'intestin* (p. 260) et le *thymus* (fig. 393); il s'en forme également une grande quantité dans la *moelle osseuse*.

Tous les organes lymphoïdes que je viens de citer engendrent surtout des petits globules blancs ou *lymphocytes*, qui s'y multiplient par mitose et qui en grandissant deviennent les *gros mononucléaires*.

Quant aux leucocytes granuleux ou *polynucléaires* qui sont de beaucoup les plus nombreux, ils se forment surtout dans la moelle osseuse; ils y débent encore par des *lymphocytes* qui, tout en grandissant, se chargent de granulations dans leur protoplasme et deviennent d'abord ces éléments de la moelle décrits sous le nom de *myélocytes granuleux* (p. 31); ceux-ci allongent et étranglent leur noyau, poussent des pseudopodes et deviennent ainsi des *polynucléaires*. Entraînés dans le sang, ils s'y multiplient principalement par division indirecte.

§ 7. **Origine des globules rouges.** — Ceux de l'embryon apparaissent tout d'abord dans les parois de la vésicule ombilicale et sont des cellules complètes avec noyau (*hématies nucléées*); ils mesurent de 12 à 15 μ ; ils se multiplient activement par mitose dans les organes où la marche du sang est ralentie, c'est-à-dire dans le *foie*, la *rate* et un peu plus tard dans la *moelle osseuse*. Deux mois avant la naissance, il n'y a plus de ces hématies nucléées; à partir de ce moment, le sang ne renferme plus que des globules sans noyau.

Mais ceux-ci continuent à se former sans cesse et en nombre considérable pendant

toute la vie, car la durée de leur existence ne serait guère que de deux à cinq semaines, et il s'en formerait journellement environ 300.000 par millimètre cube pour réparer les pertes.

Cette production abondante de globules rouges continue à se faire chez l'adulte dans la *rate* et surtout dans la *moelle osseuse rouge*, que l'on qualifie pour cela d'*organes hématopoiétiques* : des lymphocytes engendrés dans ces organes se transforment les uns en d'autres sortes de leucocytes, les autres en globules rouges. Quelques auteurs ont également attribué un rôle hématopoiétique au foie ; mais le fait n'est pas démontré.

1° En étudiant le développement de la rate chez les Poissons et les Batraciens (grenouilles), on a vu que dans les premières phases de son existence cet organe est formé uniquement de traînées irrégulières de cellules arrondies, renfermées dans les mailles d'un réseau, et entre lesquelles circule le sang. Puis ces cellules arrondies (*lymphocytes*) se détachent, s'imprègnent d'hémoglobine et deviennent de véritables globules rouges qui tombent dans le sang et sont entraînés dans le torrent circulatoire. La même chose se continue pendant toute la vie de la grenouille.

Le même phénomène se passe aussi sans doute chez les Vertébrés supérieurs. La rate de l'homme est en effet essentiellement constituée par un tissu spongieux dont les mailles sont remplies par une matière molle, la *pulpe splénique*, de couleur lie de vin, qui est composée surtout de *lymphocytes* et de *globules rouges*.

Les lymphocytes sont entraînés par le sang et il est vraisemblable que beaucoup d'entre eux se transforment en globules rouges comme cela se passe chez les Poissons et Batraciens. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'à la suite d'une digestion, le nombre des hématies augmente notablement dans le sang qui sort de la rate, tandis qu'il baisse sensiblement chez un chien que l'on vient de priver de cet organe.

2° On sait que les os plats et les épiphyses des os longs renferment une moelle rouge qui doit sa coloration à un très riche réseau de petits vaisseaux, dans lesquels le cours du sang est très ralenti. On y trouve de nombreuses cellules de différentes formes (p. 31) parmi lesquelles sont des *lymphocytes* et des petites cellules rouges ou *érythroblastes* possédant un noyau volumineux avec un protoplasme imprégné d'hémoglobine. Ces érythroblastes proviennent tout simplement de lymphocytes qui se sont imprégnés de matière colorante ; ce sont eux qui se transforment à leur tour en globules rouges *anucleés* par un procédé d'ailleurs peu connu, leur noyau disparaissant soit par expulsion, soit par dégénérescence.

3° Hayem, professeur à l'École de médecine de Paris, a décrit depuis longtemps dans le sang des petits globules incolores n'ayant pas plus de 3μ et réduits à une petite masse protoplasmique. Leur origine est inconnue. Ils s'altèrent avec la plus grande facilité aussitôt après leur sortie des vaisseaux. On en compte environ 300.000 par millimètre cube de sang et leur nombre augmente rapidement à la suite des saignées ou des hémorragies. Hayem les appelle des *hématoblastes*, parce qu'il pense qu'en grandissant ils deviennent des globules rouges. Mais la preuve directe de ce fait manque, et c'est pour cela que d'autres auteurs se contentent d'appeler ces globules des *plaquettes sanguines*.

Il est d'ailleurs vraisemblable que tous les éléments cellulaires âgés qui se détachent et tombent dans le torrent circulatoire, sont envahis par de l'hémoglobine et deviennent des globules rouges.

§ 8. Destruction des globules rouges. — Les globules rouges se détruisent dans la rate et dans le foie ; des leucocytes contenus dans les vaisseaux capillaires absorbent ces globules et les font disparaître par phagocytose ; la matière colorante de la bile provient de l'hémoglobine décomposée et le fer de cette hémoglobine se dépose sous forme de pigment ocre dans le foie ou la rate. Le sang qui sort du foie renferme toujours moins de globules rouges qu'en y entrant.

II. — LE PLASMA

§ 1. Composition du plasma. — Le plasma est la partie liquide du sang dans laquelle les globules sont en suspension. Sa quantité est à peu près égale à celle des globules (550 grammes de plasma, 450 grammes de globules).

Il est composé essentiellement d'eau (900 grammes par litre), d'albumine (70 à 80 grammes par litre) qui se coagule par la chaleur comme celle du blanc d'œuf et qui provient d'une transformation des peptones et des albumoses absorbées; de *fibrinogène*, autre espèce d'albumine qui n'y existe que dans la proportion de 2 à 3 grammes par litre et qui se décompose très facilement quand le sang est extrait du corps; enfin des *sels minéraux*, en particulier des sels de soude (phosphate, carbonate et chlorure), accompagnés d'un peu de phosphate de chaux et de magnésie et d'un peu de sulfate de potasse, le tout dans la proportion de 10 grammes environ par litre; le chlorure y entre à lui seul pour 5 à 6 grammes.

On peut dire que *le plasma sanguin est de l'eau légèrement salée tenant en dissolution à peu près le dixième de son poids d'albumine*. Cette solution salée constitue le milieu normal dans lequel vivent les tissus, qui en sont complètement imprégnés, et sous ce rapport la matière vivante des animaux terrestres se trouve absolument dans les mêmes conditions que les animaux marins qui vivent tout entiers plongés dans de l'eau salée.

Le *sérum artificiel*, que l'on injecte dans les veines dans certains cas de débilité pour diluer les toxines et accroître l'activité des globules blancs, n'est pas autre chose que de l'eau salée à 6 ou 7 grammes par litre, seule ou accompagnée des autres sels de soude du plasma.

Les différentes substances que nous venons d'énumérer sont celles que l'on trouve toujours dans le plasma en proportions à peu près fixes ou du moins fort peu variables. Mais nous établirons plus loin que les produits de la digestion, peptones, graisses, glucoses, traversent à un moment donné l'épaisseur de la muqueuse et vont se mélanger plus ou moins rapidement avec le sang, en particulier avec celui des veines intestinales. Il en résulte qu'au moment d'une digestion, le plasma renferme naturellement une plus grande quantité de ces produits; c'est ainsi qu'on trouve habituellement dans le sang 1 gramme ou 1^{er},5 p. 1000 de glucose; si la proportion atteint 3 p. 1000, il y a *glycosurie* et l'excès est rejeté par les reins. La quantité de graisse varie de 2 à 7 p. 1000 (graisses neutres, savons, lécithine). Il y a même un peu de glycérine (0^{er},002 p. 1000).

Les variations de ces substances tiennent aussi des vaisseaux dans lesquels on prélève le sang soumis à l'analyse; le sang qui sort d'un organe renferme naturellement un peu moins de substances nutritives que celui qui y est entré.

De son côté chaque organe cède au sang qui le traverse des substances de déchet ou de *désassimilation* (principes de la bile, de l'urine, etc.), qui s'arrêtent ensuite dans des organes spéciaux, foie, reins, etc., chargés de les rejeter au dehors; c'est ainsi qu'il y a toujours de 0^{er},2 à 0^{er},5 p. 1000 d'urée (un des principes de l'urine).

Tout cela montre qu'il y a dans le plasma des éléments dont la proportion est forcément très variable avec la nature de l'organe, avec le moment de la journée, la nature des repas plus ou moins riches en glucoses ou en peptones, etc., et que la composition de ce plasma ne peut pas être exprimée par une formule générale.

§ 2. **Ferments du plasma.** — Enfin le plasma renferme un certain nombre de ferments digestifs qui paraissent ajouter leur action à celle des ferments digestifs ordinaires pour pousser plus loin, dans certains cas, la décomposition des matières alimentaires. On y trouve en particulier une *amylase*, une *maltase*, une *lipase* et un *ferment glycolytique*.

L'*amylase* transforme le glycogène, espèce d'amidon qui se trouve dans le foie en *maltose*, par une action comparable à celle qu'exerce la ptyaline sur l'amidon ; mais le sucre de maltose ne séjourne jamais dans le sang ; une *maltase* l'hydrate et le transforme en glucose.

La *lipase* du plasma aurait pour effet de transformer les graisses absorbées au cours de la digestion en produits solubles dans l'eau et dialysables ; c'est par son action que s'expliquerait la disparition rapide des graisses qui passent dans le sang pendant les digestions, la lipase paraissant leur faire subir une décomposition ultime.

Le *ferment glycolytique* a la propriété de décomposer rapidement les glucoses. Les sucres amenés dans le sang par l'alimentation disparaissent assez rapidement dans l'organisme ; au bout d'une heure, il en manque un tiers. On se demande si leur décomposition — en produits d'ailleurs inconnus — n'est pas due à ce ferment glycolytique ; toutefois celui-ci ne paraissant se former que dans le sérum, probablement par la décomposition des globules blancs, il est difficile d'établir l'importance de son rôle dans la circulation sanguine.

§ 3. **Coagulation du sang.** — Lorsque le sang est abandonné dans un vase à l'air, il subit une décomposition particulière et se sépare en deux parties : 1° il tombe lentement au fond du vase une masse gélatineuse et dense, de couleur rouge, que l'on appelle le *caillot* ; 2° il reste un liquide légèrement jaunâtre, le *sérum*, au sein duquel le caillot reste en suspension.

C'est qu'une fois que le sang est extrait des vaisseaux, le *fibrinogène* du plasma se combine avec les sels de chaux que renferme ce dernier et devient une substance solide, la *fibrine*, qui se présente sous la forme de très fins filaments entrecroisés. En tombant au fond du vase, ces filaments entraînent dans leurs mailles les globules qu'ils rencontrent et forment le caillot, de telle sorte que ce dernier comprend le *fibrinogène* du plasma et les *globules*. Le sérum qui reste n'est pas autre chose que le plasma diminué de son fibrinogène, avec une petite quantité de globules qui ont échappé aux mailles du réseau de fibrine et qui le teintent légèrement en jaune rosé.

Les globules blancs tendent à remonter à cause de leur légèreté et mélangés avec la fibrine ils forment quelquefois au-dessus du caillot une couche spongieuse blanche appelée la *couenne* ; le sang du cheval fournit toujours une couenne bien nette (3, fig 202) ; il en est de même du sang des autres animaux quand on retarde la coagulation par le froid ou l'addition de sucre.

La coagulation est *accélérée* par les acides, par le contact de l'air et l'élévation de température, ainsi que par le perchlorure de fer que l'on emploie précisément pour arrêter les hémorragies, grâce au caillot qu'il fait former à l'orifice des vaisseaux coupés ; l'antipyrine agit de même.

Elle est *retardée* par le froid, les solutions alcalines et le sucre. On la supprime d'une façon radicale en débarrassant le sang du réseau de fibrine à mesure qu'il se forme. Pour cela, on bat du sang frais, placé dans un vase à large ouverture, avec un balai d'osier, ce qui multiplie la surface de contact du liquide avec l'air et active la coagulation. La fibrine se dépose sur les brindilles du balai sous la forme de filaments gluants et élastiques, teintés en rouge par les globules qu'il ont entraînés.

Le sang étant privé de sa fibrine n'a dès lors plus de raison de se coaguler ; il reste indéfiniment liquide et les globules qu'il renferme encore tombent peu à peu au fond du vase. On peut même les séparer par une simple filtra-

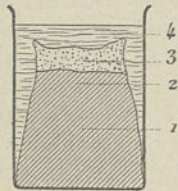


Fig. 202. — Coagulation du sang.

1, caillot. — 3, globules blancs formant la couenne — 4, sérum.

tion sur papier fin; le sérum passe et il reste sur le papier un mince enduit visqueux constitué par les globules.

Si on veut obtenir la fibrine pure, il suffit de laver la masse déposée sur le balai et de la malaxer sous un robinet d'eau qui la débarrassera de ses globules et lui laissera une teinte grisâtre; elle ressemble au gluten du pain.

§ 4. **Explication de la coagulation.** — On a proposé de très nombreuses explications pour ce phénomène. Voici l'une des plus récentes, à laquelle se rallient la plupart des physiologistes : au moment de la coagulation il se forme dans le sang un ferment spécial, la *thrombine* ou *plasmase*, appartenant au groupe des *ferments solubles* et qui est un *nucléo-albuminate de calcium*; la nucléo-albumine est elle-même un composé d'albumine du sang avec la *nucléine* ou substance des noyaux fournie par la décomposition des globules blancs après l'extraction du sang; à mesure qu'elle se répand dans le plasma, elle se combine avec les sels de *calcium* de ce dernier et se transforme en *nucléo-albuminate de calcium*. Pour certains physiologistes (Dastre) ce ferment serait plutôt un produit de sécrétion des globules blancs, car ceux-ci continuent de vivre encore assez longtemps après la sortie du sang des vaisseaux.

Le *fibrinogène* dissous dans le plasma décompose le ferment et s'empare de son calcium pour former un nouveau composé de *fibrinogène* \times *calcium*; celui-ci se précipite sous la forme d'un réseau de fins filaments en entraînant les globules et n'est pas autre chose que la substance connue depuis longtemps sous le nom de *fibrine*. La coagulation du sang est donc regardée aujourd'hui comme une véritable fermentation.

Une faible quantité de ferment est capable de transformer une grande quantité de fibrinogène, parce qu'à mesure qu'il perd son calcium, il en prend d'autre dans le milieu sanguin et se régénère. Cela explique qu'on empêche toute coagulation en ajoutant au sang une solution alcaline telle que du carbonate de soude, qui forme un composé insoluble avec le *calcium* et enlève ainsi un élément indispensable à la synthèse du ferment.

Le sang ne se coagule pas dans l'organisme parce qu'il renfermerait une substance *anticoagulante* qui prend naissance par l'action du foie. Elle ne se forme plus quand cet organe est enlevé. Elle n'a pas encore été isolée, mais les *propeptones* qui proviennent, comme on le sait, de la digestion des aliments azotés, paraissent prendre aussi une part importante à sa formation; 30 centigrammes de propeptone injectés dans les veines d'un chien rendent son sang incoagulable lorsque l'on saigne l'animal.

Le sang des Oiseaux se coagule avec une excessive rapidité et il n'a même pas le temps de s'écouler en un jet liquide. Il semble que c'est le contact avec les tissus qui lui cède une substance coagulante active, car si on le fait écouler par un tube de verre de façon qu'il ne touche pas la chair, il peut rester de quatre à six heures sans se coaguler.

Le sang de cheval se coagule très lentement, de telle sorte que les globules ont le temps de tomber au fond du vase avant la formation de la fibrine : celle-ci monte à la surface du sérum et y forme une couche blanchâtre appelée la *couenne*.

III. — GAZ DU SANG

§ 1. Les gaz que renferme le sang y existent soit à l'état de combinaison, soit à l'état de simple dissolution : ce sont l'*oxygène*, l'*anhydride carbonique*, l'*azote*, l'*oxyde de carbone* et même un peu d'*argon* (0^{cmc},4 par litre dans le sang de cheval, deux fois plus qu'il ne s'en dissout dans l'eau).

100 centimètres cubes de sang renferment en moyenne 60 cmc. de gaz. Mais bien qu'ils soient les mêmes que ceux de l'atmosphère, ils ne sont cependant pas tous empruntés à l'air extérieur, comme nous allons le voir.

1^o *Origine de l'oxygène.* — Ce gaz est absorbé par les poumons; il traverse la muqueuse de ces organes et va se combiner avec l'hémoglobine, ainsi que nous l'avons déjà expliqué (p. 349), pour donner de l'*oxyhémoglobine*. Mais lorsqu'un peu plus tard le sang arrive dans un organe quelconque,

une partie de son *oxyhémoglobine* est décomposée par le protoplasme, comme nous l'avons déjà vu (p. 348), et les cellules vivantes retiennent pour leurs réactions à peu près la moitié de l'oxygène amené par les globules rouges.

La proportion d'oxygène est donc très différente selon que l'on considère le sang quand il entre dans un organe ou quand il en sort; 100 centimètres cubes de sang renferment environ 20 centimètres cubes d'oxygène au moment où ils pénètrent dans un organe et seulement de 10 à 12 quand ils en sortent; il y a toujours par conséquent une certaine quantité d'hémoglobine non oxydée, car il faudrait 26 centimètres cubes d'oxygène pour saturer les 14 grammes d'hémoglobine contenus dans 100 centimètres cubes de sang.

2° *Origine du CO²*. — L'anhydride carbonique que renferme le sang ne provient pas de l'air extérieur. Il s'en forme d'une façon continue dans les éléments cellulaires, où il représente une sorte de déchet résultant des réactions chimiques diverses qui s'y passent; les muscles en particulier en produisent une notable quantité par l'oxydation des globules et des graisses qu'ils absorbent de préférence à toute autre substance alimentaire. Pour les sucres, la réaction serait la suivante : $C^6H^{12}O^6 + O^{12} = 6 CO^2 + 6 H^2O$.

A mesure que ce CO² est engendré, il passe dans le sang où une très petite quantité *se dissout tout simplement dans le plasma*; un quart *se combine avec l'hémoglobine*, et le reste *se combine avec le carbonate et le phosphate de soude* du même plasma pour donner du bicarbonate et du phospho-carbonate de soude. Dans l'étude de la respiration (ch. vi), nous verrons comment ce gaz s'échappe ensuite à l'extérieur par les poumons.

Il résulte de ces faits que le sang se charge toujours d'une nouvelle quantité de CO² pendant la traversée d'un organe, ce qui nous conduit à cette loi générale : *le sang qui sort d'un organe renferme toujours une plus grande quantité de CO² que lorsqu'il y est entré*.

100 centimètres cubes de sang renferment en moyenne 40 centimètres cubes de CO² quand ils pénètrent dans un organe et de 46 à 53 à leur sortie, soit en moyenne un cinquième en plus; cette proportion varie avec l'activité des organes; un muscle au repos en fournit moins qu'en pleine activité.

Sur les 46 centimètres cubes il n'y en a que 3 qui soient dissous dans le plasma; tout le reste passe à l'état de bicarbonate et de phospho-carbonate de soude, sauf un quart environ qui se combine avec l'hémoglobine elle-même en donnant de la carbo-hémoglobine.

3° *L'azote*. — Quant à l'azote, il n'existe qu'en très faible proportion : 1^{cmc},8 sur les 60 centimètres cubes de gaz contenus dans 100 centimètres cubes de sang; il est absorbé dans les poumons en même temps que l'oxygène de l'air et se dissout dans le plasma; il ne paraît jouer aucun rôle dans l'organisme, car sa proportion est la même à l'entrée et à la sortie d'un organe.

4° *Oxyde de carbone*. — Enfin il est établi que le sang de l'homme et des Mammifères renferme également, et d'une manière constante, une petite quantité d'oxyde de carbone (1^{cmc}, 4 par litre).

§ 2. *Définitions*. — *Sang artériel et sang veineux*. — 1° Le sang, quand il pénètre dans un organe, renferme toujours une certaine proportion d'élé-

ments nutritifs, peptones, graisses, glucoses, qui proviennent de la digestion ; il est relativement riche en oxygène qui lui donne une belle teinte *rouge vermeil*. On le qualifie de *sang nourricier* ou encore de *sang artériel* parce qu'il circule dans des tubes que les anciens croyaient remplis d'air et qu'ils avaient appelés pour cela des *artères* ; ce terme est resté, bien qu'il soit impropre.

2° Le sang qui sort d'un organe a abandonné à ce dernier une certaine proportion de ses éléments nutritifs et de son oxygène ; de plus, il s'est chargé d'une certaine quantité de déchets ou *substances de désassimilation* (principes de la bile, de l'urine, etc.) et d'une nouvelle proportion de CO^2 . La diminution de l'oxygène et l'augmentation de CO^2 lui donnent une teinte *rouge brun* au lieu de la teinte *rouge vermeil* du sang artériel ; on le désigne sous le nom de *sang veineux* parce qu'il circule dans les conduits spéciaux appelés *les veines*. Pour juger facilement de la différence de teinte des deux sortes de sang, il suffit d'en agiter une petite quantité dans un flacon d'oxygène et dans un flacon de CO^2 .

§ 3. **Extraction des gaz du sang.** — Pour extraire les gaz du sang on se sert de la machine pneumatique à mercure et on fait le vide dans un petit ballon qui contient une certaine quantité de liquide sanguin ; les gaz se dégagent de leurs combinaisons ou du plasma dans lequel ils sont dissous, et on les recueille à l'aide du dispositif spécial de la machine. On les dose en absorbant CO^2 par la potasse, O par l'acide pyrogallique ou le phosphore ; le reste est l'azote.

Toutefois dans cette opération on n'arrive pas à obtenir le dégagement de la totalité

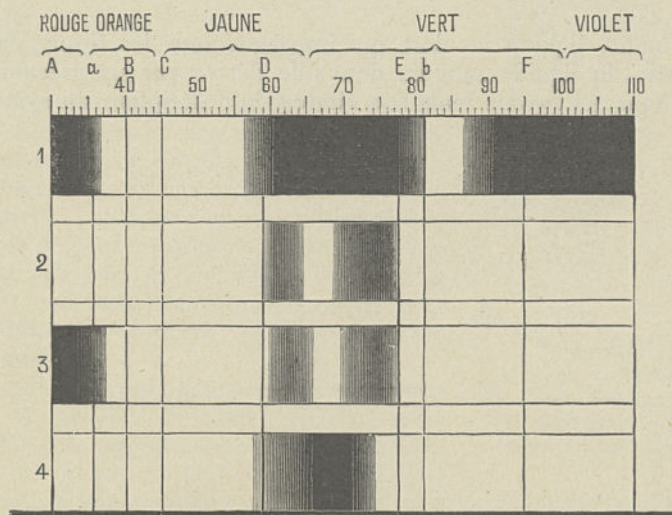


Fig. 203. — Spectres d'absorption du sang.

1. spectre d'oxyhémoglobine (solution concentrée). — 2. spectre du sang oxygéné (solution diluée). — 3. spectre du sang oxycarboné. — 4. spectre du sang artériel réduit par H, avec une bande de réduction ; même spectre pour le sang veineux.

de l'oxygène ; il en reste une fraction notable que l'on dose par le procédé plus sensible de l'hydrosulfite de soude et de l'indigo.

Ajoutons que l'hémoglobine n'est jamais saturée d'oxygène, car elle en absorbe toujours une nouvelle quantité lorsqu'on agite du sang dans un flacon rempli de ce gaz ; 100 grammes d'hémoglobine peuvent en absorber 130 centimètres cubes.

On a trouvé également que le sang renferme beaucoup plus d'azote que la quantité

prévue en prenant comme base le coefficient de solubilité de ce gaz, et il est possible que l'excès soit fixé sur l'oxyhémoglobine.

§ 4. *Analyse spectrale du sang.* — On l'utilise en médecine légale pour déterminer si des taches, même très vieilles, sont constituées par du sang, ou bien pour reconnaître les empoisonnements dus à l'oxyde de carbone, lequel a la propriété, comme nous l'avons dit, de former un composé, l'*hémoglobine oxycarbonée*, qui est très stable et non décomposable dans la profondeur des tissus.

Une solution très étendue de sang artériel étant interposée sur le trajet d'un faisceau lumineux qui tombe sur un prisme, on obtient un spectre essentiellement caractérisé par deux bandes obscures dans la partie jaune-verte, et par une large bande foncée qui s'étend sur toute la partie la plus réfrangible à partir du bleu (2, fig. 203).

Mais si l'on réduit le sang artériel par un courant d'hydrogène (qui lui enlève son oxygène), ou si on emploie du sang veineux, le spectre est modifié, et toujours de la même façon : les deux bandes obscures du jaune-vert sont remplacées par une bande unique et un peu plus large que l'on appelle la *bande de réduction de Stokes* (4, fig. 203).

De son côté, le sang qui renferme de l'*oxyde de carbone* donne un spectre avec deux bandes obscures dans le jaune-vert tout comme dans le sang artériel (2) ; mais si on le traite ensuite par un agent réducteur quelconque, tel que l'hydrogène, ce dernier ne modifie nullement l'*hémoglobine oxycarbonée* qui est un corps très stable, et le spectre reste avec ses deux bandes ordinaires dans le jaune-vert, *sans bande de réduction*. On peut ainsi distinguer le sang oxycarboné de celui qui ne l'est pas (3, fig. 203).

Cette analyse est très sensible : des traces de sang très anciennes, diluées dans l'eau, fournissent un des spectres précédents, selon la nature du sang, même quand la solution est étendue au $\frac{1}{7000}$.

IV. — LA LYMPHE

La lymphe, liquide incolore qui imprègne tous les tissus, fait également partie du liquide sanguin dont elle dérive par un mécanisme particulier. Nous renvoyons pour son étude à la description du système lymphatique (p. 289).

CHAPITRE III

APPAREIL CIRCULATOIRE

DISPOSITION GÉNÉRALE. — L'appareil circulatoire est formé par un ensemble de conduits, qualifiés habituellement de *vaisseaux*, qui sont répandus dans toutes les parties du corps sans exception pour y charrier le sang; de plus, sur le trajet de ces vaisseaux, est intercalée une poche contractile spéciale, le *cœur*, sorte de pompe aspirante et foulante qui se dilate et se contracte régulièrement, afin d'imprimer au sang l'impulsion qui lui est nécessaire pour se répandre dans les parties les plus reculées du corps.

Au total, cet appareil se subdivise en cinq parties qui sont, en considérant un organe quelconque C (fig. 204):

1° Le *cœur*, qui est l'organe propulseur central;

2° Des vaisseaux appelés *artères* qui partent du cœur et distribuent le sang nourricier ou *artériel* dans les parois de l'organe C;

3° L'artère, après avoir pénétré dans l'organe C, s'y subdivise peu à peu en une multitude de ramifications de plus en plus fines, dont les dernières n'ont pas plus de 0^{mm},005 à 0^{mm},010 de diamètre, et sont désignées sous le nom de *vaisseaux capillaires artériels* à cause de leur extrême finesse.

Ces capillaires communiquent les uns avec les autres et forment un réseau extrêmement riche qui amène le liquide sanguin pour ainsi dire au contact de chaque élément cellulaire de l'organisme. Là, le sang artériel cède peu à peu aux cellules vivantes qui l'avoisinent une certaine proportion de ses matières nutritives et de son oxygène, tandis qu'en même temps il se charge de CO² et d'autres déchets organiques qui le transforment peu à peu en *sang veineux*. Les capillaires dans lesquels ce dernier circule prennent alors le nom de *capillaires veineux*; ils sont la continuation directe des capillaires artériels, sans la moindre solution de continuité;

4° De chaque organe il sort un nouveau conduit, une *veine*, formée par la réunion des capillaires veineux et par laquelle le sang qui a assuré la nutrition de l'organe retourne dans le cœur;

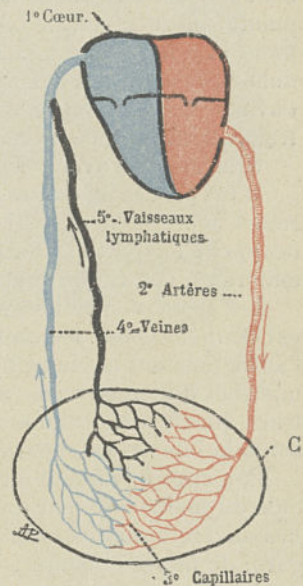


Fig. 204. — Schéma montrant les différentes parties de l'appareil circulatoire.

5° D'autres capillaires spéciaux distincts de ceux des veines et des artères, et appelés les *capillaires lymphatiques*, se réunissent également les uns aux autres et forment d'autres vaisseaux, les *vaisseaux lymphatiques*, qui sortent de même de chaque organe et vont déverser leur contenu, non pas directement dans le cœur, mais dans les veines, à peu de distance où celles-ci s'ouvrent dans la cavité cardiaque. Cela fait deux voies de retour pour le sang qui a baigné un organe quelconque.

Nous étudierons successivement chacune de ces cinq parties de l'appareil circulatoire, *cœur, artères, veines, capillaires et vaisseaux lymphatiques*.

I. — ANATOMIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE

§ 1. **Le cœur.** — 1° DESCRIPTION. — Le cœur a sensiblement la forme d'un cône ; il est logé dans la cavité thoracique entre les deux poumons : sa pointe, tournée vers le bas et légèrement inclinée à gauche, repose directement sur le diaphragme. Elle se trouve entre la 5^e et la 6^e côte, un peu en dehors du mamelon gauche. L'œsophage longe sa face postérieure. Il mesure environ 10 centimètres dans le sens de la longueur et autant dans le sens transversal ; son poids moyen est de 280 grammes.

Ses rapports avec les poumons sont marqués par la figure 253.

Il est creusé de quatre cavités distinctes : deux occupent sa partie supérieure et s'appellent les *oreillettes* ; deux autres, appelées les *ventricules*, occupent sa partie inférieure ; l'extrême pointe du cœur appartient tout entière au ventricule gauche (fig. 205 à 207).

Les deux ventricules sont sans communication l'un avec l'autre ; il en est de même pour les oreillettes. Celles-ci s'ouvrent cependant l'une dans l'autre pendant la vie embryonnaire, par un orifice étroit, le *canal de Botal* ; mais cet orifice se ferme à la fin du développement embryonnaire et la seule trace qui en reste est une petite dépression appelée la *fosse ovale*, que présente la cloison de séparation des deux oreillettes (fig. 207).

Par contre, chaque oreillette communique directement avec le ventricule du même côté par un orifice percé dans leur cloison de séparation (*orifice auriculo-ventriculaire*). Le pourtour de chacun des deux orifices est garni de lames élastiques de forme triangulaire qui pendent dans l'intérieur du ventricule et qui forment ce qu'on appelle des *valvules*.

L'orifice droit est entouré de trois de ces membranes et la valvule qu'elles forment est appelée pour cette raison *valvule tricuspide* (*tr.* fig. 207). Du côté gauche, il n'y en a que deux, qui sont adossées l'une à l'autre comme les deux parties d'un bonnet d'évêque, ce qui les fait désigner sous le nom de *valvule mitrale* (*m.* fig. 207).

Les membranes de ces valvules sont fixées par leur base au bord de chaque orifice, tandis que leur autre extrémité présente de très nombreuses dentelures qui pendent, comme nous l'avons dit, dans la cavité ventriculaire ; pour bien maintenir ces pointes en place et les empêcher de remonter du côté des oreillettes, il existe des petites cordelettes blanches et élastiques, de même nature que les tendons, qui servent à les attacher à la paroi interne du ventricule : la valvule tricuspide est retenue par une centaine de ces filets tendineux ; la valvule mitrale en possède 120 (fig. 207).

La limite inférieure des oreillettes se distingue à la surface du cœur par un sillon circulaire qui les sépare des ventricules ; deux autres sillons longitudinaux marquent la séparation du ventricule droit d'avec le gauche ; celui-ci forme à lui seul, comme nous l'avons dit, l'extrême pointe du cœur (fig. 205 et 206).

Les parois des oreillettes sont relativement minces et leur surface interne

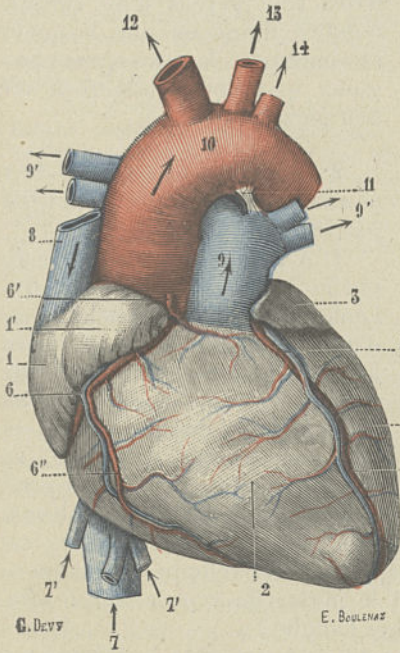


Fig. 205. — Cœur, face antérieure.

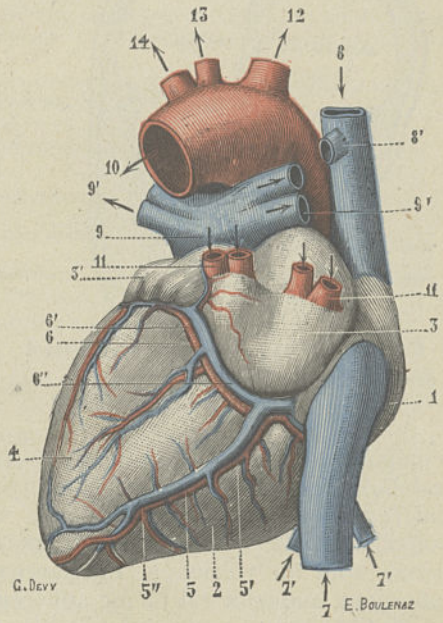


Fig. 206. — Cœur, face postérieure.

(L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, oreillette droite flasque et vide de sang. — 2, ventricule droit séparé de l'oreillette précédente par le sillon 6, dans lequel circule une branche de la veine et de l'artère coronaire. — 3, oreillette gauche. 4, ventricule gauche. — 5, sillon qui sépare les deux ventricules et dans lequel circulent une veine et une artère coronaire. — 7, veine cave inférieure. — 8, veine cave supérieure. — 9, artère pulmonaire et ses branches 9'. — 10, aorte. — 12, tronc brachio-céphalique. — 13, artère carotide gauche. — 14, artère sous-clavière.

1, oreillette droite. — 2, ventricule droit. — 3, oreillette gauche. — 4, ventricule gauche. — 5, sillon qui sépare les deux ventricules sur la face postérieure et qui est occupé par une veine et une artère coronaire. — 6, sillon séparant l'oreillette gauche du ventricule gauche et occupé par l'artère coronaire 6''. — 7, veine cave inférieure. — 8, veine cave supérieure. — 9, artère pulmonaire avec ses branches 9'. — 10, aorte. — 11, veines pulmonaires. — 12, tronc brachio-céphalique. — 13, artère carotide gauche. — 14, artère sous-clavière gauche.

un peu ondulée. Celles des ventricules sont infiniment plus épaisses, formées à peu près en entier d'un muscle rouge qui rappelle ceux des membres, et le ventricule gauche a même ses parois plus épaisses encore que le droit ; ce qui tient évidemment à ce qu'il est obligé de produire des contractions plus énergiques, car c'est lui qui chasse le sang dans les parties les plus éloignées du corps, tandis que le ventricule droit n'envoie le sien que dans les poumons, qui sont situés tout au voisinage du cœur.

Enfin la surface interne des ventricules présente de très nombreuses saillies enchevêtrées, les *colonnes charnues* ou *muscles papillaires*, que l'on peut diviser en trois catégories : les unes sont de simples saillies dont les

extrémités sont libres dans la cavité ventriculaire ; d'autres semblent avoir soudé leurs extrémités avec celles des saillies voisines et forment des cordelles rouges qui s'étendent sans discontinuité d'une face à l'autre de la paroi ; d'autres enfin servent de points d'attache aux filaments tendineux qui retiennent en place les pointes des valvules tricuspide et mitrale (fig. 207).

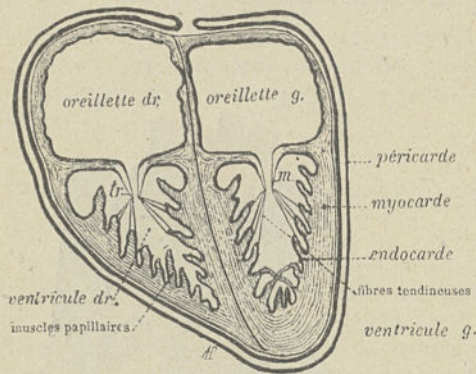


Fig. 207. — Coupe schématique montrant la structure du cœur.

tr., valvule tricuspide. — *m.*, valvule mitrale.

Les ventricules et les oreillettes sont percés d'un certain nombre d'orifices par lesquels se continuent les vaisseaux sanguins que nous étudierons un peu plus loin.

2° STRUCTURE DU CŒUR. — Les parois du cœur comprennent trois parties bien distinctes :

1° A l'extérieur, une sorte de poche à deux feuillets clos qui l'enferme entièrement à la façon d'un bonnet de coton et qu'on appelle le *péricarde* ; c'est une membrane qui appartient au groupe des séreuses (p. 25) et qui, comme ces dernières, se

compose de deux feuillets humectés par un liquide séreux, le *liquide péricardique*, destiné à faciliter les mouvements de l'organe. Le feuillet interne, ou *feuillet viscéral*, est accolé au cœur ; l'autre, le *feuillet pariétal*, est adjacent sur les côtés à la *plèvre*, autre séreuse qui enveloppe les poumons situés tout au voisinage. Inférieurement le péricarde repose sur le diaphragme, auquel il est même adhérent chez l'adulte ;

2° La substance même du cœur est constituée à peu près en totalité par une masse de fibres musculaires rouges, ou *myocarde*, qui rappelle beaucoup les muscles des membres, *ce qui fait dire couramment que le cœur n'est qu'un énorme muscle creux*. Ses fibres musculaires sont striées et ramifiées, mais *involontaires* comme les fibres lisses de l'estomac ou de l'intestin (fig. 208). Ce sont elles qui forment les saillies internes ou *colonnes charnues* des ventricules dont nous avons déjà parlé ;

3° La surface interne du muscle est tapissée par une petite membrane extrêmement délicate, l'*endocarde*, formée d'une seule assise de cellules aplaties (*épithélium pavimenteux* ou *endothélium*) ; les différentes cavités du cœur en sont revêtues ; elle se continue sans interruption, comme nous le verrons plus loin, dans l'intérieur des différents vaisseaux qui débouchent dans le cœur.

Les fibres musculaires du cœur se distinguent par quelques caractères des fibres striées des muscles ordinaires : 1° au lieu de s'étendre parallèlement les unes aux autres, elles sont ramifiées et anastomosées. C'est-à-dire que les ramifications d'une fibre se soudent avec celles des fibres voisines et peuvent ainsi s'étendre sans interruption sur toute la longueur des ventricules (fig. 208).

2° Elles présentent de distance en distance des cloisons transversales qui les divisent en segments successifs *dans chacun desquels se trouve un noyau, quelquefois plusieurs*. Chaque segment représente par suite une cellule complète, avec un noyau et son protoplasme strié en long et en travers.

Les fibres cardiaques se divisent en deux catégories d'après leur emplacement : les *fibres unitives*, communes aux deux oreillettes ou aux deux ventricules, et les *fibres propres*, spéciales à chaque oreillette ou à chaque ventricule.

1° Les *fibres unitives* sont surtout importantes à considérer dans les ventricules, dont les parois sont relativement très épaisses. Elles naissent à la base des ventricules, descendent à la pointe du cœur et remontent sur l'autre face; ainsi il y en a qui partent de la base du ventricule droit *tout près de la surface externe*, descendent vers la pointe du cœur et remontent dans la paroi du ventricule gauche en s'enfonçant de plus en plus profondément pour constituer la couche interne du myocarde.

Inversement, d'autres naissent superficiellement à la base du ventricule gauche, vont s'entrecroiser avec les précédentes à la pointe du cœur et remontent dans les parties profondes du ventricule droit.

2° Les *fibres propres* sont disposées transversalement dans chaque oreillette ou dans chaque ventricule; elles s'entrecroisent pour ainsi dire avec les *fibres unitives* à la manière des fils d'une étoffe en formant ainsi un tissu musculaire doué d'une grande résistance, ce qui est d'ailleurs indispensable, si l'on réfléchit au nombre vraiment extraordinaire de battements qu'a exécutés le cœur au bout de cinquante ou soixante ans, à raison de 80 en moyenne par minute.

Pense au bras milliaire dans la vieillesse humaine.

§ 2. **Système artériel.** — Les *artères* sont les vaisseaux qui partent du cœur et qui distribuent le sang dans les différentes parties du corps; leur courant se dirige toujours du cœur vers la périphérie. Toutes renferment du sang nourricier ou *artériel*, sauf les *artères pulmonaires* qui se rendent aux poumons; celles-ci transportent du sang *veineux* qui va s'imprégner d'une nouvelle quantité d'oxygène au contact de la muqueuse pulmonaire.

Les artères sont rarement superficielles et cheminent toujours profondément au contact des os. Elles *s'ouvrent toujours dans les ventricules, jamais dans les oreillettes.*

Pour établir la liste des artères, il n'y a qu'à suivre successivement les différents organes, puisque n'importe quelle partie du corps reçoit du sang nourricier (fig. 209).

Celui-ci s'échappe d'abord du cœur par un gros tronc unique, *l'aorte*, qui sort du ventricule gauche en arrière, dans la cloison de séparation des deux ventricules; puis il remonte vers le haut, se recourbe du côté gauche en une crosse qui descend ensuite tout le long de la colonne vertébrale, traverse le diaphragme et se divise à la naissance des jambes en deux grosses branches, les *artères iliaques*, qui se répandent chacune dans l'un des membres inférieurs (fig. 205, 206, 209 et 210).

Sur tout son parcours l'aorte envoie un certain nombre de ramifications qui se rendent aux différents organes. Les principales sont :

1° *Le tronc brachio-céphalique*, situé sur la région droite de la crosse de l'aorte et qui se subdivise en deux branches :

L'artère carotide droite qui monte dans le cou et va nourrir la moitié droite de la tête;

L'artère sous-clavière droite qui se rend dans le bras droit; dans la région où elle longe l'humérus, on lui donne le nom particulier d'*artère humérale*; arrivée au coude, elle se divise à son tour en deux branches qui longent cha-

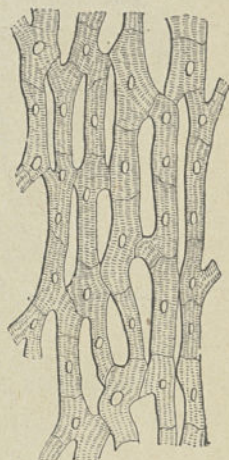


Fig. 208. — Fibres musculaires du cœur (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Elles sont ramifiées, striées et segmentées. Chaque segment renferme un et quelquefois plusieurs noyaux.

cune l'un des os de l'avant-bras (*artère radiale et cubitale*) et qui vont finalement se ramifier entre les doigts ;

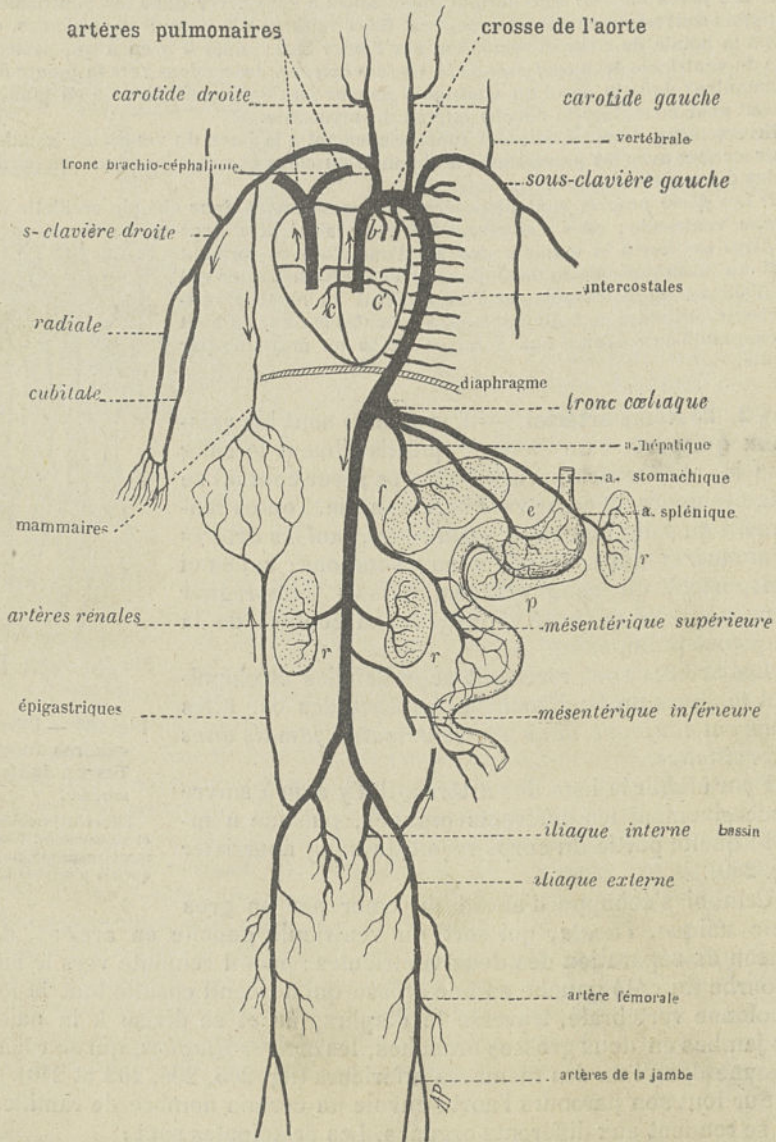


Fig. 209. — Schéma du système artériel.

b, artères bronchiques. — c, c', artères coronaires. — r et r, à gauche, les reins. — r, à droite, la rate.
e, estomac. — p, pancréas. — f, foie.

2° L'artère *carotide gauche* qui se détache également de la crosse de l'aorte et qui va nourrir la moitié gauche de la tête ;

3° L'artère *sous-clavière gauche* qui prend naissance sur l'aorte très près

de la précédente et se rend dans le bras gauche, où elle présente les mêmes subdivisions que la sous-clavière opposée ;

4° Les *artères intercostales*, 9 ou 10 paires, qui se détachent régulièrement à droite et à gauche de l'aorte descendante et se rendent dans les muscles qui occupent les intervalles entre les 9 ou 10 premières paires de côtes (muscles intercostaux),

5° Le *tronc cœliaque* se détache de la face antérieure de l'aorte immédiatement au-dessous du diaphragme ; son calibre est volumineux et après un trajet très court (1 centimètre à 1 centimètre et demi), il se subdivise en trois branches distinctes :

L'*artère stomacale* qui se rend à l'estomac et au pancréas (appelée encore artère *coronnaire* parce qu'elle décrit une couronne le long de la courbure de l'estomac) ;

L'*artère hépatique* qui se rend au foie et l'*artère splénique* qui va nourrir la rate. Les fig. 210 et 277 représentent ces différentes ramifications ;

6° L'*artère mésentérique supérieure* qui porte le sang dans les parois de l'intestin grêle et du gros intestin en parcourant le mésentère (voir aussi fig. 269) ;

7° Les *deux artères rénales*, très volumineuses, qui se rendent chacune dans un rein ;

8° L'*artère mésentérique inférieure* qui se rend au gros intestin (côlon et rectum) ;

9° Les *deux iliaques* qui résultent, comme nous l'avons dit, de la bifurcation de l'aorte à l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale et qui se rendent dans les parties inférieures du corps. Chacune se divise en deux autres, l'*iliaque interne* qui se rend seulement dans le bassin et l'*iliaque externe* qui court le long du fémur et se continue dans tout le membre inférieur.

Le système artériel est complété par l'*artère pulmonaire* (9, fig. 205 et 206)

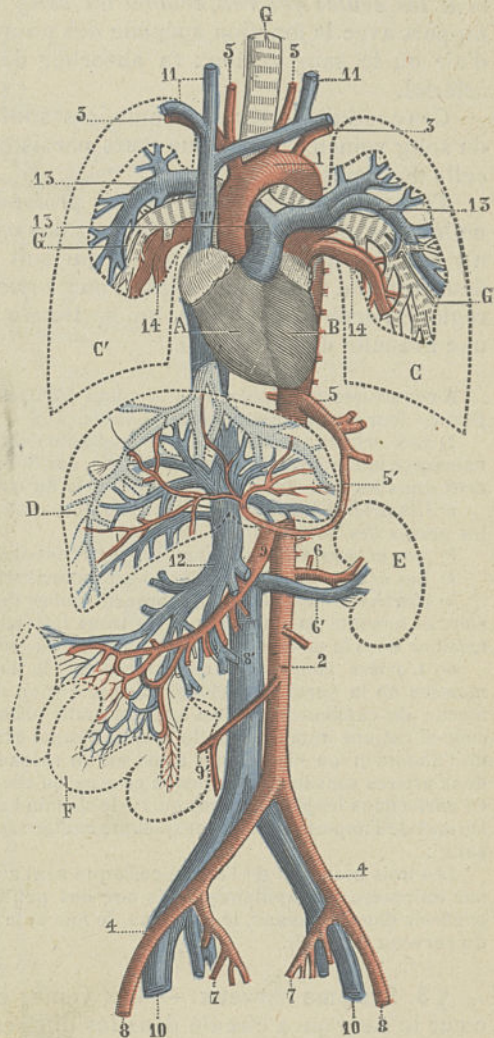


Fig. 210. — Ensemble de l'appareil circulatoire (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, cœur droit. — B, cœur gauche. — C, C', poumons. — D, le foie. — E, rein. — G, trachée avec ses ramifications G'.
(L'élève s'exercera à trouver les noms des vaisseaux après qu'il aura achevé l'étude du système circulatoire).

qui sort du ventricule droit par la partie supérieure du cœur, entre les deux oreillettes, et se divise presque aussitôt en deux branches se rendant chacune dans le poumon correspondant (13, fig. 210). De toutes les artères, *ce sont les seules qui renferment du sang veineux*. Cette disposition est en rapport avec la fonction spéciale des poumons, lesquels sont des réservoirs d'air où le sang veineux va absorber de l'oxygène pour devenir du sang artériel.

Ces conduits (artères pulmonaires) sont des *artères*, bien qu'ils renferment du sang veineux, parce que leurs parois ont la structure des artères et non celle des veines.

Toutes les artères sont situées profondément dans l'intérieur du corps ; celles des membres courent le long des os. Comme artères superficielles, il n'y a guère que l'*artère radiale* qui suit le radius et qui arrive presque à fleur de peau, le long du poignet, parce que les muscles font défaut dans cette région ; l'*artère temporale*, qui se trouve sur les côtés de la tête et qui est une branche de la carotide.

A ces artères principales s'en ajoutent d'autres qui sont moins importantes sous le rapport de leur longueur et de leur calibre :

1° Les *artères coronaires* ou artères nourricières des parois du cœur. Elles prennent naissance tout à fait à l'origine de l'aorte, sur la branche ascendante de sa crosse et s'étendent dans les différents sillons superficiels du cœur (fig. 205 et 206).

2° Les *artères bronchiques* dont le nombre est variable, deux à cinq, et qui vont nourrir les parois des poumons (fig. 209) ;

3° Les *artères œsophagiennes* qui se rendent dans les parois de l'œsophage ;

4° Les *artères diaphragmatiques* qui nourrissent le diaphragme ;

5° L'*artère vertébrale* est une branche qui se détache de l'artère sous-clavière de chaque côté, et remonte en passant par les trous latéraux des vertèbres cervicales pour aller se ramifier dans la moelle épinière et la base du cerveau (fig. 209) ;

6° L'*artère mammaire*, autre branche de l'artère sous-clavière, chemine dans les muscles de la paroi thoracique, dans la région de la mamelle, où elle s'épanouit en un réseau de capillaires qui est en continuité directe avec celui de l'*artère épigastrique* ; celle-ci est une ramification de l'artère iliaque externe qui remonte dans le muscle droit de l'abdomen où elle s'étale aussi en un réseau de capillaires. Les anastomoses de ces deux artères sont intéressantes en ce sens qu'elles permettent au sang des bras de passer en partie dans les jambes, sans suivre le chemin habituel de l'aorte ; ce courant dérivé prend surtout de l'importance lorsque quelque caillot sanguin vient obstruer la voie ordinaire du sang ;

Les trois branches de l'artère cœliaque sont aussi réunies les unes aux autres non pas par un réseau de capillaires, mais par des petites artères qui assurent une circulation générale dans l'estomac, le pancréas, le foie et la rate. Il en est de même pour les artères du cerveau (fig. 277).

§ 3. ^{Vein} **Système nerveux**. — Les veines sont les conduits qui ramènent au cœur le sang qui a circulé dans les différents organes. Toutes renferment du *sang veineux*, c'est-à-dire du sang qui s'est débarrassé au moins partiellement de son oxygène et de ses éléments nutritifs dans l'intérieur des organes qu'il vient de traverser. Seules, les veines qui sortent des poumons (*veines pulmonaires*) renferment du sang artériel qui vient de se charger d'une nouvelle provision d'oxygène au contact de la muqueuse pulmonaire.

Les veines s'ouvrent toujours dans les oreillettes, jamais dans les ventricules.

Elles forment deux grands systèmes, *les veines superficielles et les veines profondes*.

a. *Les veines superficielles* sont situées dans la peau, plus ou moins pro-

fondément au-dessous de l'épiderme ; elles ne sont jamais isolées, mais toujours réunies en un réseau qui est particulièrement riche le long des bras et des jambes ; ce sont elles qui forment les traces bleuâtres visibles par

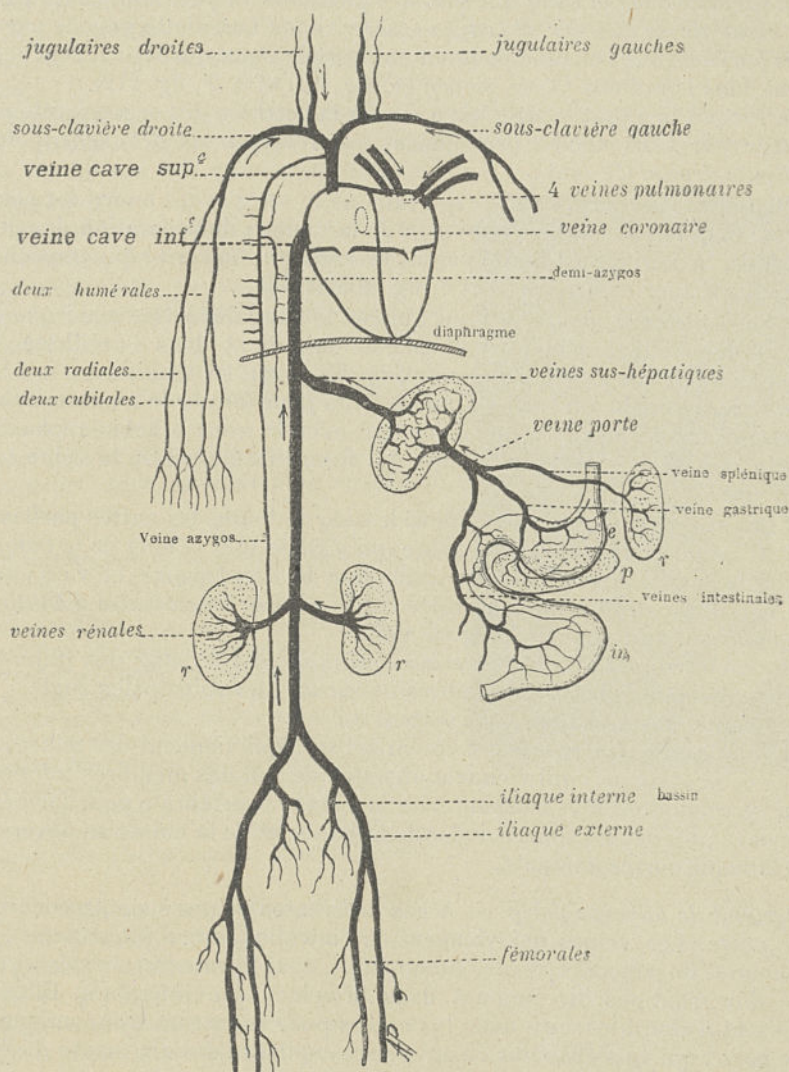


Fig. 241. — Schéma du système veineux.

r, r, à gauche, les deux reins. — *r*, à droite, la rate. — *e*, estomac. — *p*, pancréas. — *in*, intestin.

transparence sur la peau. Jamais elles ne débouchent directement dans le cœur ; les plus grosses de leurs branches vont toujours s'ouvrir dans des veines profondes.

b. Les *veines profondes* accompagnent généralement les artères et il y en a habituellement deux pour une artère, de telle sorte que la capa-

cité des veines est estimée à peu près *au double* de celle des artères.

Pour établir leur liste, il suffit encore de considérer les différents organes ou les différentes parties du corps les unes après les autres (fig. 211).

En premier lieu, le sang qui sort des poumons et *qui est artériel parce qu'il vient de se charger d'oxygène*, arrive dans l'oreillette gauche par les *veines pulmonaires*; chaque poumon en possède deux qui débouchent séparément dans l'oreillette (Voir encore 11, fig. 206 et 9, 9', fig. 212).

En second lieu tout le sang qui a servi à la nutrition des organes retourne au cœur par trois veines principales, *qui toutes trois débouchent dans l'oreillette droite*. Ce sont :

1° La *grande veine coronaire* qui ramène le sang ayant nourri les parois du cœur et qui débouche au voisinage de la cloison de séparation des deux oreillettes. Son orifice est bordé par les *valvules de Thébésius* qui empêchent le sang de refluer en arrière (5 et 6, fig. 205 et 206).

2° La *veine cave supérieure* qui ramène le sang de la tête ainsi que des bras et débouche à peu près perpendiculairement dans l'oreillette. De chaque côté du cou descend la *veine jugulaire*, qui se réunit avec la *veine sous-clavière* venant du bras du même côté pour former le *tronc brachio-céphalique*; ce dernier se réunit à son tour avec le tronc brachio-céphalique du côté opposé et c'est leur réunion qui forme en définitive la veine cave supérieure;

3° La *veine cave inférieure* ramène le sang de toutes les autres parties du corps. C'est un vaisseau de fort calibre qui s'étend tout le long de la colonne vertébrale parallèlement à l'aorte, traverse le *diaphragme* et va s'ouvrir dans l'oreillette droite, où son orifice est bordé par les *valvules d'Eustache* qui s'opposent au retour du sang en arrière.

Elle reçoit sur son trajet les veines qui ramènent le sang des différents viscères abdominaux et des membres inférieurs; les principales sont :

Les *veines sus-hépatiques* qui sortent du foie;

Les *veines rénales*, courtes et volumineuses, qui viennent des reins;

Les *veines iliaques* qui viennent chacune de l'un des membres inférieurs et qui se réunissent à la naissance de la colonne vertébrale pour former la veine cave; les veines superficielles de la jambe et de la cuisse se déversent dans l'iliaque correspondante.

Système de la veine porte. — A ces différentes veines s'ajoute encore la *veine porte*. Les veines qui viennent de l'intestin (*veines intestinales*), de l'estomac et du pancréas (*veines stomacales*), et de la rate (*veines spléniques*) ne se déversent pas directement dans la veine cave inférieure. Elles se réunissent d'abord les unes avec les autres pour former un tronc unique, la *veine porte*, qui va s'épanouir en un réseau capillaire dans la masse du foie, de telle sorte que ce dernier organe est traversé par toute la masse de sang qui sort de la plupart des viscères abdominaux (fig. 211). Puis ce sang est amené par les *veines hépatiques* dans la veine cave inférieure.

D'une manière générale, comme le montre la figure 204, il n'existe qu'un système de capillaires dans chaque organe, sur le trajet de l'artère et de la veine. Il n'en est pas de même dans le cas des veines du foie dont nous venons de parler.

Les parois intestinales, par exemple, renferment un réseau de capillaires ordinaires provenant de l'épanouissement de l'artère mésentérique; mais

la veine qui sort de l'intestin, au lieu de se rendre ensuite plus ou moins directement dans le cœur, va s'aboucher avec la veine porte et s'épanouir en un autre réseau de capillaires au sein de la masse du foie, et ce n'est qu'au sortir de cet organe que le sang de l'intestin se rend enfin dans le cœur.

Il y a donc en somme deux systèmes bien distincts de capillaires intercalés sur le trajet du sang qui se rend du cœur à l'intestin et de l'intestin au cœur.

Lorsqu'il existe ainsi deux systèmes de capillaires intercalés sur le trajet des vaisseaux depuis la départ leur cœur jusqu'à leur retour dans ce dernier, on dit que ces vaisseaux forme un *système porte*.

Les vaisseaux qui, après leur sortie de l'intestin, de l'estomac et de la rate, vont s'épanouir en un second réseau dans le foie, constituent le *système porte hépatique*.

Il en existe également un dans chaque rein (*système de la veine porte rénale*) (Ch. IX, les reins).

La figure 212 ci-jointe montre le débouché exact des différents vaisseaux dans le cœur.

Veines azygos. — La *grande veine azygos* est une veine *impaire* qui s'étend le long de la colonne vertébrale à droite, et qui réunit l'iliaque droite avec la veine cave supérieure; c'est le reste d'une disposition veineuse chez l'embryon. Elle reçoit à gauche la *demi-azygos supérieure* et la *demi-azygos inférieure* qui lui amènent le sang des petites veines intercostales de la région gauche; les petites veines intercostales de droite se jettent directement dans la grande azygos.

Grâce à cette dernière, le sang qui vient des jambes peut retourner au cœur sans passer par la voie habituelle de la veine cave inférieure lorsque celle-ci est accidentellement obstruée.

§ 4. **Système lymphatique.** — 1° ORIGINE DE LA LYMPE ET DES VAISSEAUX LYMPHATIQUES. — Lorsque le sang est arrivé dans la profondeur d'un organe quelconque, une notable partie de son *plasma* filtre à travers les parois endothéliales des capillaires sous l'action de la pression de 9 centimètres de mercure qu'il possède, et elle se répand dans tous les interstices ou *lacunes* que peuvent laisser entre eux les différents éléments cellulaires de l'organe considéré (fig. 213).

Des globules blancs ou *leucocytes* franchissent également, en les perçant à l'aide de leurs pseudopodes, les parois des mêmes capillaires et rampent dans les différentes lacunes, en particulier dans celles du tissu conjonctif qui sont les plus grandes.

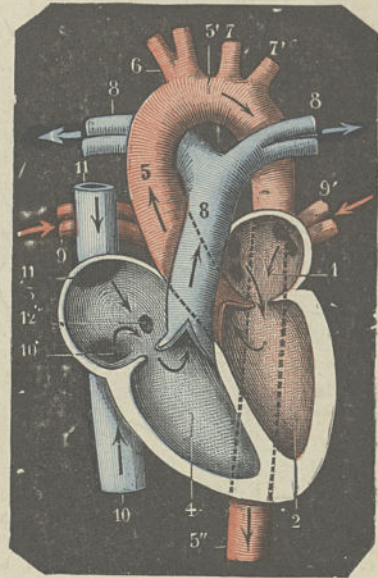


Fig. 212. — Schéma montrant le débouché exact des gros vaisseaux dans le cœur et la marche de la circulation (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

(Les flèches indiquent le cours du sang).

1, oreillette droite. — 2, ventricule gauche. — 3, oreillette droite. — 4, ventricule droit. — 5, aorte ascendante. — 5', sa crosse. — 5'', sa branche descendante. — 6, tronc brachio-céphalique. — 7, carotide gauche. — 7, sous-clavière gauche. — 8, artère pulmonaire et ses branches. — 9, les deux veines pulmonaires droites. — 9', les deux veines pulmonaires gauches. — 10, 10, veine cave inférieure. — 11, veine cave supérieure. — 12, veine coronaire.

Le liquide qui filtre ainsi à travers les capillaires forme, avec les leucocytes qu'il renferme, ce qu'on appelle la *lymphe*. La preuve qu'il se produit bien une filtration, c'est qu'une substance étrangère que l'on injecte dans les vaisseaux sanguins se retrouve de bonne heure dans la lymphe.

D'autre part les *parois cellulaires des capillaires sanguins sécrètent de la lymphe* en se nourrissant activement aux dépens du plasma qui se trouve à leur contact, car la lymphe continue encore à se former dans un organe lorsqu'on ligature l'artère qui s'y rend. Ce liquide a donc une double origine.

Les éléments vivants baignent dans la lymphe et y puisent à chaque instant les substances nutritives, glucoses, peptones et graisses dont ils ont besoin. Un organe quelconque peut être comparé à une éponge dont la trame représenterait les tissus et dont les cavités seraient remplies par le liquide lymphatique. On estime que celui-ci représente à lui seul le quart du poids du corps.

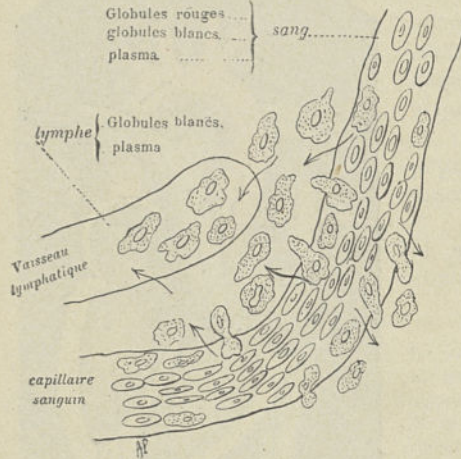


Fig. 213. — Schéma montrant l'origine de la lymphe : les flèches indiquent la marche du plasma et des globules blancs qui sortent des capillaires sanguins pour pénétrer dans les vaisseaux lymphatiques.

On conçoit d'autre part que la lymphe ne peut pas s'accumuler indéfiniment dans les organes, car les capillaires en laissent toujours transsuder de nouvelles quantités ; après qu'elle a baigné les tissus, refoulée constamment par la nouvelle qui arrive, elle pénètre dans des vaisseaux capillaires spéciaux, les capillaires lymphatiques, qui sont parfaitement distincts et indépendants des capillaires veineux et artériels,

et qui commencent au sein même des lacunes, entre les éléments cellulaires des organes; seulement on ignore si leurs extrémités sont fermées ou largement ouvertes dans les lacunes (fig. 213).

Quoi qu'il en soit, les capillaires lymphatiques, qui forment de riches réseaux dans la profondeur des organes, se réunissent les uns aux autres et forment de nombreux conduits ou *vaisseaux lymphatiques*, également distincts des veines et des artères, et qui reconduisent au cœur la lymphe qu'ils renferment. Avec cette particularité toutefois qu'ils ne s'ouvrent jamais directement dans le cœur, mais qu'ils débouchent toujours dans les *veines sous-clavières*.

Cela montre que le sang qui a pénétré dans un organe quelconque effectue son retour dans le cœur par une double voie, *celle des veines et celle des vaisseaux lymphatiques*, double voie représentée par la figure schématique 204.

2° RÉPARTITION DES VAISSEAUX LYMPHATIQUES. — D'après ce que nous venons de dire, ces vaisseaux existent dans toutes les parties du corps au même

titre que les veines et les artères; seulement ils sont très difficiles à distinguer à cause de leur calibre infiniment plus étroit que celui des vaisseaux ordinaires (les plus gros ne dépassent pas 2 à 3 millimètres de diamètre), et parce que la lymphe, très claire et dépourvue de globules rouges, les rend brillants et transparents; on les met en évidence en les remplissant de mercure ou d'une masse colorée quelconque qui doit être très fluide au moment où on l'injecte pour qu'elle puisse circuler sous pression.

Nous verrons plus loin que les lymphatiques de l'intestin sont cependant parfaitement visibles sans préparation au moment des digestions, parce qu'ils sont alors gorgés de gouttelettes grassieuses microscopiques qui ont traversé la paroi intestinale et qui leur donnent un plus gros calibre et un aspect laiteux.

On distingue deux grands groupes de vaisseaux lymphatiques: les *superficiels* qui courent à la surface de tout le corps, sous la peau, et qui suivent les veines superficielles (fig. 214); 2° les *lymphatiques profonds* qui sortent des différents organes, intestin, foie, etc., et qui suivent les veines et les artères correspondantes.

Tous cheminent les uns près des autres en s'unissant de proche en proche et forment finalement deux vaisseaux distincts, la *grande veine lymphatique* qui se jette dans la veine sous-clavière droite, et le *canal thoracique* qui se déverse dans la veine sous-clavière gauche à son confluent avec la veine jugulaire (fig. 215).

La *grande veine lymphatique* n'a pas plus d'un centimètre de longueur; elle est formée par la réunion des lymphatiques qui viennent du bras droit et de la moitié droite de la tête du thorax et du foie. (Voir aussi 2, fig. 220).

Le *canal thoracique* est formé par la réunion de cinq ou six vaisseaux importants qui viennent des membres inférieurs, de l'intestin et de tout le bassin; il commence dans la cavité abdominale, au contact de la colonne vertébrale; et remontant le long de cette dernière, il traverse le diaphragme en même temps que l'aorte et va se déverser dans la veine sous-clavière gauche. Un peu avant de

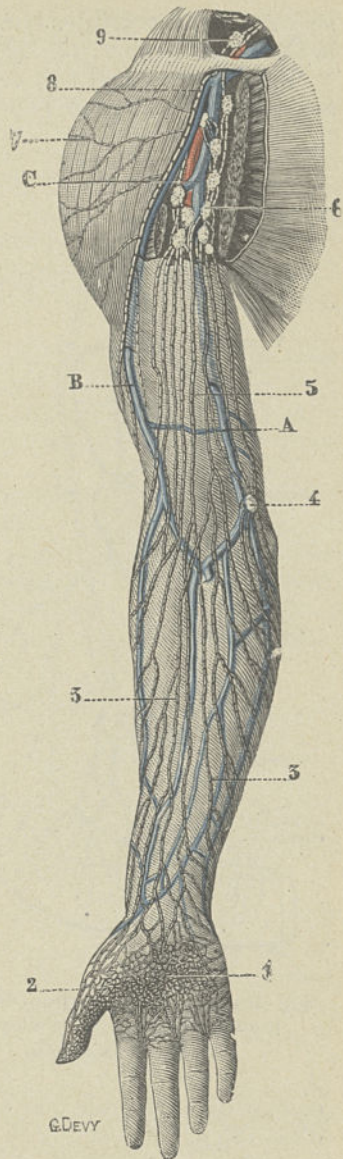


Fig. 214. — Lymphatiques du membre supérieur (vue postérieure).

A, veine basilique. — B, veine céphalique. — C, veine axillaire. — 1, réseau de la paume de la main. — 2, tronc collatéral externe du pouce. — 3, 3, lymphatiques superficiels de la face antérieure de l'avant-bras. — 4, ganglion sus-épitrochléen. — 5, lymphatiques superficiels de la face antérieure du bras. — 6, ganglions de l'aisselle. — 7, lymphatiques de l'épaule. — 8, tronc satellite de la veine céphalique. — 9, ganglions du cou.

se terminer, il reçoit les lymphatiques de la moitié gauche du thorax et de la tête (Voir aussi 1, fig. 220).

Bien que ce canal soit le plus important des vaisseaux lymphatiques, son diamètre ne dépasse cependant pas 2 à 3 millimètres; toutefois à sa base dans la cavité abdominale, il présente une sorte de renflement allongé servant de réservoir, la *citerne de Pecquet*, qui mesure environ 5 millimètres de diamètre.

Les vaisseaux lymphatiques qui circulent dans les parois de l'intestin portent le nom particulier de *vaisseaux chylifères*; chaque villosité en renferme un (v, fig. 215 et 6, fig. 198).

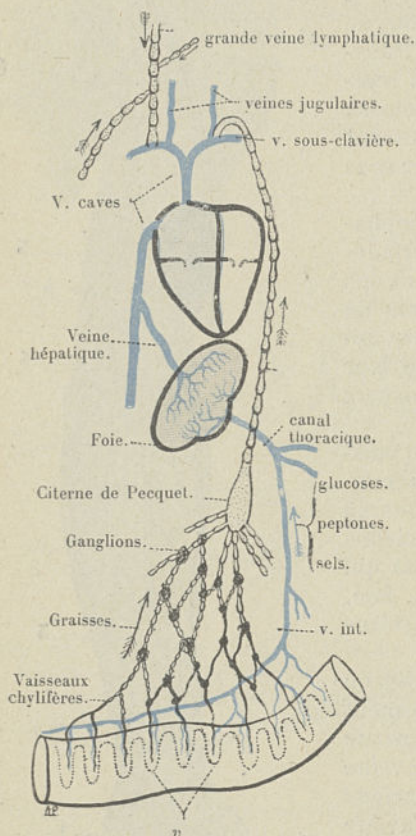


Fig. 215. — Schéma montrant les deux grands vaisseaux lymphatiques.
v, villosités intestinales.

3° COMPOSITION DE LA LYPHME. — On recueille la lymphe en pratiquant une fistule sur le canal thoracique; une vache opérée de cette façon en a donné 95 litres en un jour; un cheval en fournit à peu près un litre à l'heure. Son poids équivaut approximativement, avons-nous dit, au quart de celui du corps, tandis que le sang n'en représente guère que le treizième.

Ce que nous avons dit plus haut de l'origine de la lymphe (p. 289), nous a montré qu'elle est composée du même *plasma* que le sang, avec des *globules* en suspension; seulement ceux-ci sont toujours des *leucocytes*, qui ne présentent d'ailleurs pas de mouvements amiboïdes et dont le nombre est d'environ 8.000 par millimètre cube¹; les globules rouges font défaut. C'est, pourrait-on dire, du *sang blanc*.

Le plasma de la lymphe a la même composition générale que celui du sang; il contient seulement un peu plus d'eau (95 p. 1000) et un peu moins d'albumine.

Les gaz sont également les mêmes que dans le sang : $0, \text{CO}^2$ et Az. Seulement la proportion d'oxygène est extrêmement faible par suite de l'absence d'hémoglobine, $0^{\text{cmc}}, 1$ dans 100 centimètres cubes de lymphe; la quantité d'azote est la même $1^{\text{cmc}}, 5$ environ; celle du CO^2 se rapproche beaucoup de la quantité qui existe dans le sang veineux (40 à 52 centimètres cubes pour 100 centimètres cubes de lymphe).

La lymphe est très transparente et incolore à l'état de pureté, comme celle que renferme toujours la grande veine lymphatique; mais celle des

¹ Ces globules appartiennent à la catégorie des *Lymphocytes* (p. 269).

vaisseaux chylifères, au moment des digestions, se gorge toujours comme nous l'établirons plus loin de gouttelettes graisseuses qui ont été digérées dans l'intestin ; elles prend par suite un aspect laiteux qui rend les chylifères parfaitement visibles à la surface du mésentère. C'est même cette particularité qui permit au médecin italien Aselli de les découvrir en ouvrant l'abdomen d'un chien qui venait de faire un repas copieux (1622). Entre deux digestions, la lymphe des chylifères est transparente comme celle des autres organes : il en est de même lorsqu'on nourrit un animal avec des aliments complètement dépourvus de graisses.

Les globules blancs se multiplient incessamment dans les ganglions lymphatiques et dans la rate, puis sont entraînés à mesure dans le sang, ainsi que nous l'avons exposé précédemment.

Le plasma de la lymphe ayant la même composition que celui du sang il en résulte que, quand il est abandonné à lui-même, il se coagule en donnant un caillot blanc ; mais sa coagulation est plus lente que celle du sang parce qu'il s'y forme cinq ou six fois moins de fibrine (0^{gr},5 au maximum par litre au lieu 1 à 3 grammes).

Autre considération : la lymphe renferme la même quantité de chlorure de sodium que le plasma sanguin dont elle provient, soit 6 à 7 grammes par litre, de telle sorte que cette eau salée dont sont imprégnés tous nos tissus constitue le véritable milieu normal qui convient à la vie des éléments cellulaires, aussi bien chez les animaux supérieurs qui sont adaptés à la vie aérienne que chez ceux qui passent toute leur existence dans le milieu salé naturel, la mer.

La lymphe est en très grande quantité chez les Reptiles et les Batraciens, et après avoir baigné les tissus elle est recueillie dans des petits réservoirs spéciaux que l'on appelle des *cœurs lymphatiques*, parce qu'ils sont formés de fibres musculaires striées tout comme le cœur : leurs contractions chassent la lymphe qu'ils renferment dans les veines voisines. Les battements des cœurs lymphatiques sont facilement observables chez les grenouilles, qui en possèdent quatre : deux supérieurs, à droite et à gauche de la 3^e vertèbre, qui envoient leur lymphe dans une ramification de la veine sous-clavière ; et deux inférieurs, situés au voisinage du cloaque, qui déversent leur lymphe dans les veines iliaques.

§ 5. Structure des vaisseaux sanguins. — I. STRUCTURE DES ARTÈRES. — Un des caractères distinctifs des artères, c'est que leurs parois, au lieu de s'affaïsser sur elles-mêmes quand on les sectionne, restent béantes et se vident peu à peu de leur sang qui s'échappe par jets. Cela tient à la présence dans le milieu de leurs parois d'un grand nombre de fibres élastiques enchevêtrées. On trouve au total trois tuniques dans une artère (fig. 216) :

1^o Une tunique externe, jaunâtre, formée essentiellement de tissu conjonctif avec quelques fibres élastiques ; elle est parcourue elle-même par des capillaires où circule le sang qui doit nourrir les parois de l'artère ;

2^o Une tunique moyenne qui est de beaucoup la plus épaisse et la plus importante, et qui est précisément formée par les fibres élastiques anastomosées dont nous avons parlé tout à l'heure ; elle donne aux artères leur élasticité particulière et les empêche de s'affaïsser quand on les sectionne. Elles sont mélangées avec des fibres musculaires lisses à direction transversale ;

3^o Une tunique interne, membrane extrêmement délicate, formée uniquement d'une seule assise de cellules très aplaties ou *endothélium* et qui est le prolongement de l'endothélium ou *endocarde* du cœur.

Sur le vivant une artère est toujours dilatée par le sang et à peu près cylindrique; elle réalise sa forme naturelle quand on la coupe ou quand elle est vide; elle s'aplatit alors comme un ruban: c'est que les fibres musculaires lisses tendent à rétrécir son calibre, tandis que les fibres élastiques tendent à le dilater.

A mesure que les artères s'éloignent du cœur, leur calibre diminue pro-

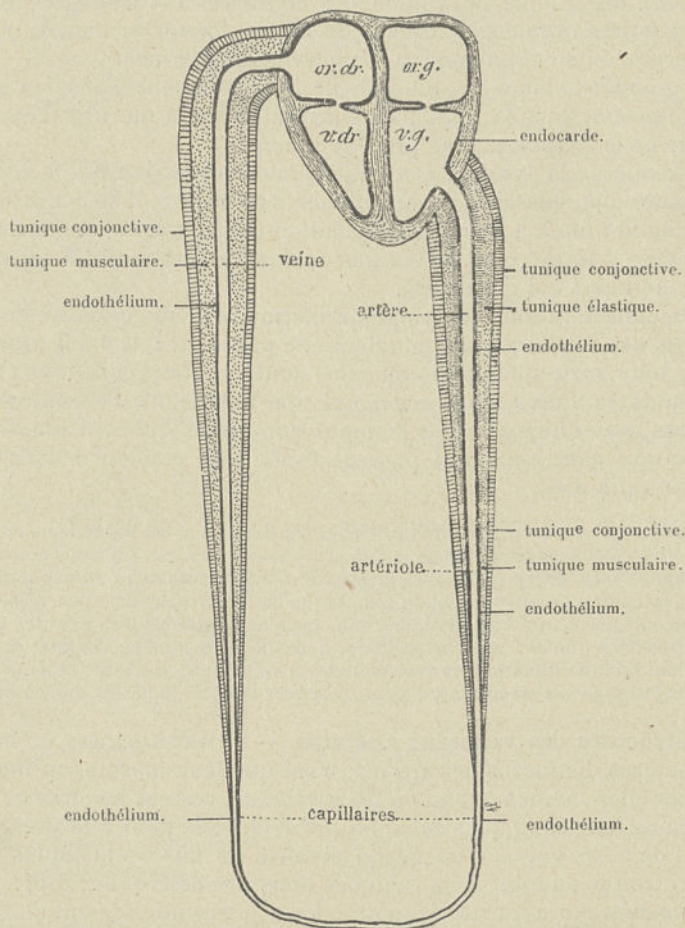


Fig. 216. — Schéma représentant la structure des différents vaisseaux sanguins.
or., dr., oreille droite, — *or., g.,* oreille gauche. — *v., dr.,* ventricule droit. — *v., g.,* ventricule gauche.

gressivement et elles se résolvent comme on le sait en un réseau de vaisseaux capillaires dans l'intérieur de chaque organe; leur structure se modifie également peu à peu : *les fibres élastiques de la tunique moyenne diminuent progressivement* tandis les fibres musculaires augmentent, et dans les petites artères ou *artérioles* on ne trouve plus guère que des éléments musculaires; il en résulte que quand on coupe ces artérioles leurs parois s'affaissent, et le sang ne tarde pas à se coaguler et à s'arrêter de lui-même

à l'orifice. La section d'une grosse artère est au contraire mortelle (fig. 216).

Les artères peuvent présenter sur leur trajet des dilatations en forme de poches provoquées par la pression sanguine et que l'on appelle des *anévrismes*; la tunique moyenne se résorbe et la paroi qui reste, faute d'éléments élastiques, peut finir par se rompre sous l'action de la poussée sanguine. Cette rupture amène généralement la *mort immédiate*.

Après la mort, les artères se vident de leur sang grâce à leur élasticité et le charrient dans les veines; c'est ce qui explique que les anciens, les trouvant toujours vides en les examinant sur des cadavres, les croyaient des conduits à air, d'où le nom d'*artères* qu'ils leur avaient donné et qui est resté, bien qu'il soit improprie.

II. STRUCTURE DES CAPILLAIRES. — Les artérioles se subdivisent elles-mêmes peu à peu en vaisseaux capillaires dans la profondeur de chaque organe; les tuniques externe et moyenne qui allaient en s'amincissant progressivement dans les artérioles finissent par disparaître, et il ne persiste plus que la tunique interne ou *endothélium* qui, à elle seule, forme la paroi des vaisseaux capillaires (fig. 216).

Les cellules de cette membrane sont de forme variable, losangiques, polygonales, crénelées, mais toujours aplaties et sur une seule assise. Les tubes capillaires qu'elles limitent sont toujours microscopiques, mesurent de 6 à 12 millièmes de millimètre et ne présentent d'orifices nulle part. Mais leurs parois si délicates se laissent traverser avec la plus grande facilité par le liquide sanguin, qui se répand ainsi par osmose dans les tissus voisins pour en assurer la nutrition.

Les globules blancs eux-mêmes, grâce à leurs mouvements amiboïdes, sont parfaitement capables de percer les cellules des capillaires et de s'échapper aussi des vaisseaux sanguins pour émigrer dans les espaces intercellulaires; telle est l'origine des globules blancs que nous avons signalés entremêlés avec les éléments du tissu conjonctif (p. 27 et fig. 213).

III. STRUCTURE DES VEINES. — Les parois des veines sont beaucoup plus minces et plus molles que celles des artères; quand on les sectionne, elles s'affaissent sur elles-mêmes parce qu'elles renferment très peu de fibres élastiques (fig. 216).

Elles comprennent également trois tuniques, qui diffèrent essentiellement de celles des artères par le petit nombre de leurs fibres élastiques :

1° Une *tunique externe*, conjonctive, qui est la plus épaisse des trois et dans laquelle circulent les petits vaisseaux nourriciers de la veine;

2° Une *tunique moyenne* composée surtout de fibres musculaires lisses, entremêlées de quelques fibres élastiques qui ne sont pas assez nombreuses pour donner de la souplesse aux veines et les empêcher de s'affaisser quand on les coupe;

3° Une *tunique interne* formée d'un simple endothélium. Ce dernier est la continuation de celui des capillaires qui ne présente nulle part, comme nous l'avons déjà dit, de solution de continuité; si on prend comme point de départ l'*endocarde* qui tapisse le ventricule gauche, on le voit se continuer sans interruption par l'endothélium de l'aorte et de ses ramifications, devenir les parois des capillaires, puis la paroi interne des veines et finale-

ment aboutir de nouveau au cœur pour former l'endocarde de l'oreillette et du ventricule du côté droit.

Un second caractère distinctif des veines c'est de posséder sur leur parcours des sortes de goussets ou *valvules* formés par des replis internes de la paroi; ils sont au nombre de deux ou très rarement de trois au même niveau; leur concavité est tournée du côté du cœur, de telle sorte que, lorsque le sang tend à retourner en arrière, il s'engouffre dans ces goussets et fait accoler leurs parois d'autant plus intimement qu'il les presse davantage (fig. 217).

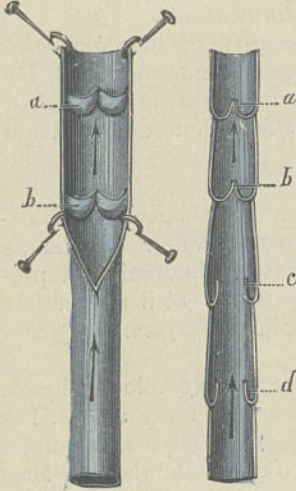


Fig. 217. — Valvules des veines (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A. une portion de veine fendue et montrant deux paires de valvules *a* et *b*. B. coupe schématique d'une veine dans le sens de la longueur pour montrer les valvules à l'état d'abaissement *a* et *b*, et à l'état de relèvement *c* et *d*.

Les valvules sont espacées de 5 à 10 millimètres et sont surtout nombreuses dans les veines des membres où le sang circule contrairement à l'action de la pesanteur (*iliaques externes et sous-clavières*), ainsi que dans celles qui peuvent être pressées par les muscles (veines superficielles); mais elles manquent dans celles du cou et de la tête, dans les veines pulmonaires, la veine porte, les veines rénales et dans la veine cave inférieure. Celle-ci n'en possède qu'à son débouché dans l'oreille droite (*valvules d'Eustache*); il en est de même pour la veine coronaire (*valvules de Thébésius*). La veine cave supérieure en est dépourvue, même à son débouché (fig. 226).

Les veines présentent quelquefois des dilatactions ou *varices* dont les parois sont incrustées de calcaire et peuvent se rompre facilement; on les tient comprimées par des bas en caoutchouc, car elles s'observent surtout à la surface des membres inférieurs.

On ne trouve jamais de valvules sur le trajet des artères; seules, l'aorte et l'artère pulmonaire possèdent chacune à leur orifice trois goussets, les *valvules sigmoïdes*, qui ont leur concavité tournée du côté des artères; elles empêchent le sang de ces dernières de revenir en arrière dans le cœur (fig. 219 et 226).

IV. STRUCTURE DES VAISSEAUX LYMPHATIQUES. — Ils ont absolument la même structure que les veines. Leur paroi est formée d'une tunique externe conjonctive, d'une tunique moyenne musculaire et d'une tunique interne endothéliale (membrane très mince formée d'une seule assise de cellules très aplaties). Toutefois ils sont plus élastiques et plus extensibles que les veines, ce qui tient à ce que leurs parois renferment un plus grand nombre de fibres élastiques.

Leurs capillaires ne sont formés que par l'endothélium, mais ils sont de quinze à vingt fois plus larges que les capillaires sanguins (fig. 229).

Malgré leur ressemblance avec les veines, les vaisseaux lymphatiques s'en distinguent cependant par un certain nombre de caractères spéciaux :

En premier lieu, ils sont très minces comparativement aux veines de

même diamètre, irréguliers et présentent à leur surface de nombreuses petites nodosités qui sont dues à des valvules comparables à celles des veines ; chacune d'elles est constituée par deux replis de la paroi qui forment deux sortes de goussets (valvules en nids de pigeon) s'opposant au retour en arrière de la lymphe ; ces goussets, toujours gonflés de liquide, font saillie à la surface du vaisseau contrairement à ceux des veines, et ce sont eux qui déterminent de la sorte tous les petits renflements qui se succèdent le long des lymphatiques (fig. 218 et 220).

Un second caractère des lymphatiques, c'est que leurs capillaires au lieu de s'anastomoser tous ensemble pour former à la sortie d'un organe un canal efférent unique comme cela a lieu pour les veines, constituent au contraire un nombre plus ou moins considérable de vaisseaux qui s'échappent séparément de l'organe et qui poursuivent ensuite leur chemin en restant à peu près parallèles les uns aux autres, pour aller finalement se déverser dans la grande veine lymphatique ou dans le canal thoracique : de fréquentes anastomoses les relient les uns aux autres sur tout leur parcours (fig. 214).

Enfin une troisième particularité essentiellement caractéristique des vaisseaux lymphatiques, c'est de présenter sur leur trajet, à la jonction de plusieurs d'entre eux, des renflements très irréguliers et variqueux appelés les *glanglions lymphatiques*. Les plus petits ont la grosseur d'une tête d'épingle, mais il y en a qui atteignent la taille d'un haricot, tels que ceux qui existent le long du cou, aux aisselles et à l'aîne. Ils s'enflamment très facilement à



Fig. 218. — Un vaisseau lymphatique avec ses valvules. (Les flèches marquent le cours de la lymphe.)

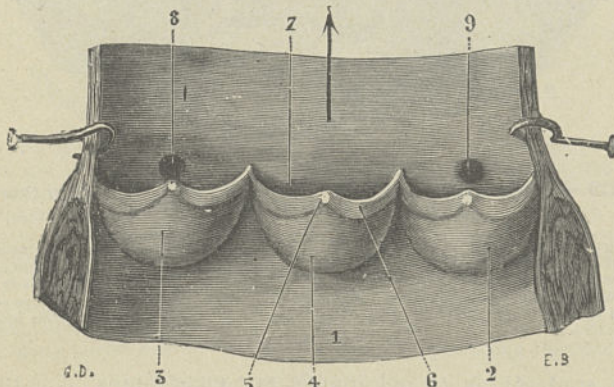


Fig. 219. — Valvules sigmoïdes de l'orifice de l'aorte (L. TESTUT, *Anatomie humaine*). L'aorte a été fendue en deux et étalée. — 2, 3 et 4, les trois goussets ou valvules. — 8 et 9, débouchés des deux artères coronaires.

la suite d'une blessure produite dans leur voisinage, se gonflent et devien-

nent alors très perceptibles parce qu'ils font saillie sur la peau (3, 5, 6, fig. 220).

Les *follicules clos* et les *plaques de Peyer* de l'intestin (p. 261) ne sont également que des ganglions lymphatiques ; ceux-ci sont d'ailleurs toujours beaucoup plus nombreux sur le trajet des lymphatiques profonds que sur les lymphatiques superficiels.

Un ganglion est formé tout simplement par un certain nombre de vais-

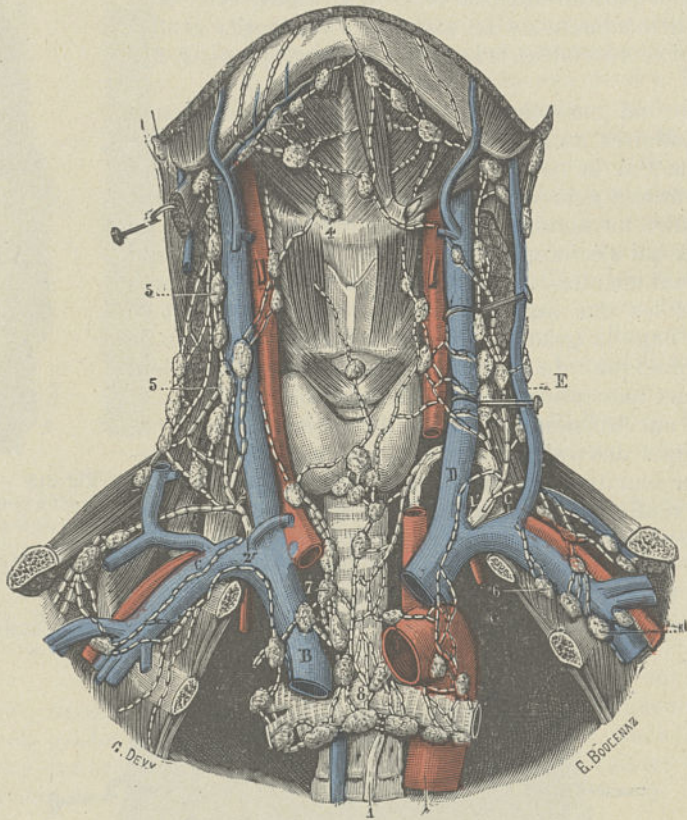


Fig. 220. — Lymphatiques et vaisseaux sanguins du cou et du thorax.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

A, aorte (en rouge) avec les carotides et les sous-clavières. — B, la veine cave supérieure avec la veine sous-clavière C, la jugulaire interne D et la jugulaire externe E. — Le canal thoracique 1, avec son débouché 1' dans la veine sous-clavière gauche. — 2, la grande veine lymphatique avec son débouché 2' dans la veine sous-clavière droite. — Tous les renflements blancs sont des ganglions lymphatiques. — 3, ganglions sous-maxillaires. — 5, ganglions du cou. — 6, ganglions du bras. — 7, ganglions trachéens. — 8, ganglions bronchiques.

seaux qui se sont réunis et pelotonnés sur eux-mêmes, constituant ainsi une série de cavités très irrégulières dans lesquelles le cours de la lymphe se trouve considérablement ralenti. Plusieurs vaisseaux ou *vaisseaux afférents* (2, fig. 221) y déversent leur contenu ; d'un point généralement opposé, appelé le *hile*, il en sort habituellement un seul autre ou *vaisseau efférent* (3) qui emporte la lymphe vers le cœur.

Les globules blancs se multiplient d'une façon très active pendant leur passage dans les ganglions, et la lymphe qui sort de ces derniers en renferme toujours un bien plus grand nombre que celle qui y est entrée; en continuant sa marche en avant, elle tombe dans les veines sous-clavières et fournit ainsi au sang des globules blancs d'une manière continue : les *ganglions et la rate* sont essentiellement les lieux de formation des globules blancs du sang. Dans certaines affections, les ganglions se gonflent et les leucocytes s'y multiplient avec

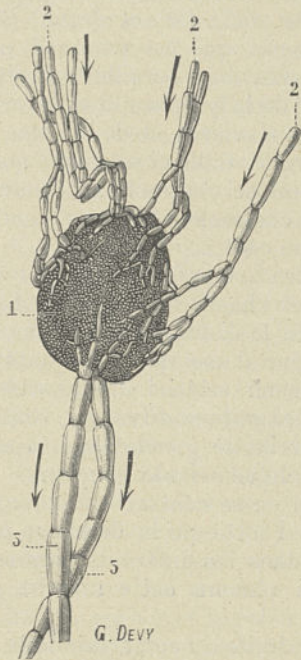


Fig. 221. — Un ganglion lymphatique avec ses vaisseaux afférents et efférents (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, ganglion. — 2, 2, vaisseaux lymphatiques afférents. — 3, 3, vaisseaux efférents.

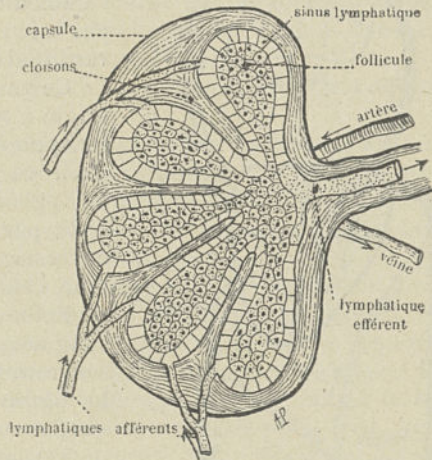


Fig. 222. — Schéma d'une coupe de ganglion lymphatique.

une telle abondance qu'on en trouve un pour une dizaine de rouges dans

le sang. C'est ce qu'on appelle la *leucocytose*.

Structure des ganglions. — Un ganglion est formé tout simplement par des vaisseaux lymphatiques qui se sont agglomérés et se sont pelotonnés un grand nombre de fois, de telle sorte que la marche de la lymphe s'y trouve très ralentie (fig. 221 et 222).

A sa périphérie se trouve une membrane enveloppante conjonctive ou *capsule* qui est épaisse et compacte; elle envoie à l'intérieur un grand nombre de prolongements ou *travées* qui délimitent autant de petits compartiments en forme de bouteilles que l'on appelle des *follicules*; l'intérieur du follicule est même divisé à son tour en petites loges microscopiques par d'autres cloisons très fines qui se détachent de sa paroi. Enfin, entre chaque follicule et la capsule générale externe se trouve une cavité irrégulière, le *sinus lymphatique*, dans lequel débouchent les vaisseaux lymphatiques afférents et efférents du ganglion.

La lymphe arrive d'abord dans les sinus par les vaisseaux afférents, pénètre dans les follicules dont elle parcourt très lentement les mailles et où ses globules se multiplient, puis de là elle retourne dans les sinus pour s'engager dans les vaisseaux efférents comme le montre la figure 222.

II. — PHYSIOLOGIE DE LA CIRCULATION

§ 1. **Marche générale du sang dans l'organisme.** — Considérons un organe quelconque du corps C et l'un des poumons (fig. 223). De cet organe C il sort du *sang veineux* qui est emmené par l'une des veines caves dans l'oreillette droite. Il en sort également de la lymphe qui se déverse dans une des sous-clavières et de là dans la même oreillette droite. Celle-ci se gonfle sous l'afflux du sang, puis se contracte subitement par voie réflexe et chasse son contenu dans le ventricule du même côté.

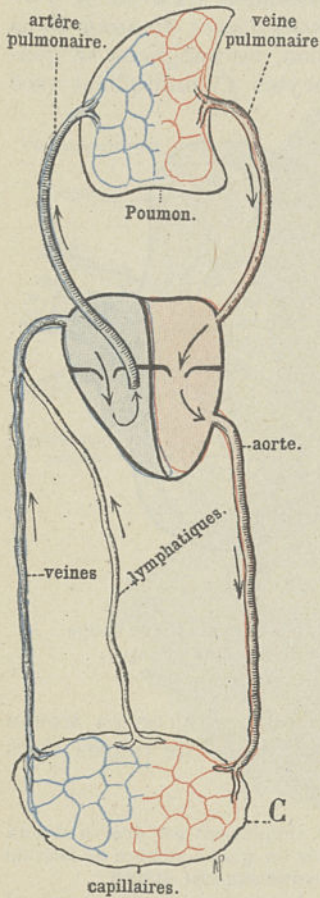


Fig. 223. — Schéma montrant la circulation générale.

C, un organe quelconque du corps.

Ce ventricule droit, une fois plein, se contracte à son tour et chasse le sang dans l'artère pulmonaire qui le distribue aux poumons où il va se charger d'une nouvelle quantité d'oxygène et redevenir artériel. Il en sort ensuite par les *veines pulmonaires* qui vont le déverser dans l'oreillette gauche, qui, à son tour, l'envoie dans le ventricule gauche.

Enfin ce dernier en se contractant lance ce sang artériel dans l'aorte qui le distribue par ses ramifications dans les différents organes. La figure 223 qui résume cette marche du sang montre :

1° Que la partie droite du cœur (oreillette et ventricule) est intercalée sur le trajet des vaisseaux veineux et ne renferme jamais elle-même que du sang veineux ; — la moitié gauche est au contraire intercalée sur le trajet des vaisseaux artériels et ne renferme jamais elle-même que du sang artériel. Les deux sortes de sang circulent donc dans des conduits toujours parfaitement distincts, sans jamais se mélanger, ce qui fait dire que *la circulation est complète*.

2° Chacune des moitiés du cœur peut être regardée comme une simple dilatation des vaisseaux sur lesquels elle est interposée, dilatation dont les parois se sont épaissies et devenues fortement contractiles pour communiquer

au sang l'impulsion dont il a besoin pour circuler dans le corps.

3° On dit habituellement que le sang décrit deux cercles dans sa marche générale : a) celui de la *grande circulation* ou *circulation générale*, comprenant le ventricule gauche, l'artère qui se rend à un organe, la veine qui en sort et l'oreillette droite ;

b) Celui de la *petite circulation* ou *circulation pulmonaire*, formé par le cœur, les poumons et les vaisseaux de ces derniers.

Toutefois, la seule inspection de la figure 223 montre qu'aucun de ces deux cercles n'est fermé du côté du cœur, et à cette vieille conception des deux circulations des anciens anatomistes, il est plus logique de substituer celle du physiologiste Bichat : *le sang ne décrit qu'un seul cercle complètement fermé; l'une des moitiés est entièrement veineuse* avec, sur son parcours, la moitié droite et veineuse du cœur, tandis que *l'autre moitié du cercle est artérielle* et comprend, sur son trajet, la moitié gauche artérielle du cœur. Cette interprétation apparaît très nettement si on refait la figure 223 en écartant l'une de l'autre les deux moitiés droite et gauche du cœur.

Ajoutons que les deux oreillettes se contractent simultanément et que leur contraction ne dure pas tout à fait $1/10$ de seconde. Puis après un intervalle de même durée, les deux ventricules se contractent simultanément pendant $3/10$ à $4/10$ de seconde environ, après quoi ils entrent ensuite dans une période de repos qui dure de $6/10$ à $7/10$ de seconde.

A chaque contraction, un ventricule lance à peu près 60 grammes de sang dans l'artère correspondante.

Lorsqu'on lie une veine, le sang s'accumule, non pas au-dessus, mais au-dessous de la ligature, ce qui montre bien que le sang y circule de la périphérie vers le centre. C'est par ce procédé que le médecin italien Césalpin (1569) découvrit le premier la marche véritable du sang dans les veines. C'est le contraire qui arrive quand on ligature une artère.

Quelques années auparavant (1553), le médecin Michel Servet avait découvert la circulation pulmonaire. Enfin ce fut le médecin anglais Harvey qui, quelques années plus tard (1628), établit d'une façon définitive la marche générale du sang, telle que nous la connaissons aujourd'hui, en faisant des ligatures sur les veines et les artères des animaux vivants; ce fut lui qui établit la *grande* et la *petite circulation*. Toutefois ce n'est qu'en 1661, après la découverte du microscope, que Malpighi découvrit les capillaires et démontra la continuité des artères et des veines.

§ 2. **Battement et bruits du cœur.** — Le *choc* ou *battement du cœur* est la poussée que l'on perçoit lorsqu'on place la main sur la région gauche de la paroi thoracique, au niveau de la pointe du cœur, entre la 5^e et la 6^e côte. Il correspond à une contraction des ventricules et s'explique de la façon suivante :

Au moment où les deux ventricules se remplissent de sang, ils sont mous et leur surface antérieure est légèrement aplatie contre la paroi thoracique. Mais lorsque la contraction survient, le cœur se durcit brusquement, sa surface aplatie devient subitement convexe et repousse en dehors la paroi thoracique; c'est ce qui constitue le *choc* que l'on appelle encore *pulsation* ou *battement*. Le contact du cœur avec la paroi thoracique s'établit d'une façon plus intime au moment de la systole pour deux raisons principales : d'abord les cavités ventriculaires qui sont coniques pendant la diastole deviennent globuleuses et *augmentent de diamètre dans le sens antéro-postérieur* pendant la systole. De plus le flot sanguin lancé brusquement dans l'aorte et l'artère pulmonaire provoque une sorte de mouvement de recul du cœur.

Si on place le doigt sur le cœur d'un chien dont on a ouvert la cavité thoracique en le maintenant en vie par la respiration artificielle, on sent très bien un choc brusque à chaque contraction.

Le nombre des battements varie avec l'âge ; il diminue progressivement depuis la naissance jusqu'à quinze ans. A la naissance on compte 140 battements ; à un an 120 ; à trois ans, 100 ; de quinze à cinquante ans, 70 ; au delà, il se produit une augmentation ; à quatre-vingts ans, on compte 80 pulsations.

Chez les mammifères le nombre des battements paraît être en raison inverse de la taille : 200 chez le cobaye, 150 chez le lapin, 100 chez le chien ; 35 à 40 chez le bœuf ; 30 à 50 chez le cheval.

On a calculé que chez les mammifères la durée totale de la circulation est d'environ trente secondes ; chez l'homme elle serait approximativement de vingt-trois secondes.

Le cœur produit encore *deux bruits* pour chaque pulsation : 1° Lorsque les deux ventricules se contractent simultanément, les membranes des valvules auriculo-ventriculaires s'adosent subitement les unes contre les autres dans chaque ventricule pour fermer l'orifice qu'elles limitent, et font alors entendre une sorte de claquement sourd et prolongé qui est le *premier bruit du cœur*. Il a lieu en même temps que le battement et ne peut être perçu qu'en appliquant l'oreille sur la poitrine.

2° Lorsque les ventricules ont achevé leur contraction et qu'ils se relâchent de nouveau, le sang qui vient d'être lancé dans l'aorte et l'artère pulmonaire tend à revenir en arrière et s'engouffre dans les trois goussets des valvules sigmoïdes ; les lames de ces valvules s'adosent alors brusquement et font aussi entendre un petit claquement plus clair et plus bref que le précédent. C'est le *deuxième bruit* du cœur, séparé du premier par un très léger intervalle, puisqu'il se produit après la contraction ventriculaire.

§ 3. Action du système nerveux sur le cœur et sur les vaisseaux sanguins. — (Voir p. 130 et 132.)

§ 4. Analyse de la marche du sang dans le cœur. — On sait que l'on perçoit les *battements* du cœur d'une manière très nette lorsqu'on place la main sur la région gauche de la paroi thoracique, entre la 5^e et la 6^e côte. L'intervalle compris entre deux battements successifs est ce qu'on appelle une *révolution cardiaque* ; il dure approximativement $\frac{3}{4}$ de seconde chez l'adulte.

Mais lorsqu'on analyse ce qu'on appelle communément le *battement* du cœur, on constate que ce mouvement ne correspond pas à une contraction simultanée de toutes les parties de l'organe ; les ventricules et les oreillettes ne se contractent pas exactement au même moment ; les choses se passent de la façon suivante (fig. 226) :

1° Les deux oreillettes se remplissent simultanément. La droite reçoit le sang veineux qui revient des différentes parties du corps par les *deux veines caves* et la *veine coronaire* ; la gauche reçoit le sang artériel qui lui arrive des poumons par les *quatre veines pulmonaires*. Ce remplissage dure $\frac{9}{10}$ de révolution cardiaque ; une fois pleines, les oreillettes sont dites en *diastole*.

2° Les deux oreillettes se contractent alors brusquement et simultanément pendant $\frac{1}{10}$ de révolution cardiaque, c'est-à-dire pendant $\frac{1}{10}$ de $\frac{3}{4}$ de seconde et chassent leur contenu dans le ventricule correspondant ; on dit qu'elles sont alors en *systole*.

Au cours de cette contraction, le sang de l'oreillette gauche ne retourne pas du côté des poumons à cause de la pression sanguine dans les veines pulmonaires.

Quant au sang de l'oreillette droite, il trouve devant lui quatre orifices distincts dans lesquels il pourrait s'engager : ceux des trois veines qui débouchent dans l'oreillette et l'orifice auriculo-ventriculaire. Or il ne s'engage pas dans la veine cave inférieure ni dans la veine coronaire, parce qu'il est arrêté par les valvules d'Eustache et de Thébésius qui garnissent leurs orifices. Il ne remonte pas non plus dans la veine cave supérieure, bien que celle-ci soit dépourvue de valvules, parce que le sang que cette veine amène de la tête sous l'action de la pesanteur possède une pression suffisamment forte pour s'op-

poser à la montée de celui de l'oreillette : l'augmentation de pression produite par la contraction de cette oreillette est en effet très faible et ne dépasse pas $2^{\text{mm}},5$ de mercure.

Il ne reste donc plus que le quatrième orifice, l'orifice auriculo-ventriculaire, dont les valvules pendantes dans la cavité ventriculaire s'écartent tout naturellement sous la faible poussée du flot sanguin et le laissent passer dans le ventricule.

3° La contraction des deux oreillettes est terminée depuis $1/10$ de $3/4$ de seconde, quand les deux ventricules se contractent simultanément et chassent leur contenu, le ventricule droit dans l'artère pulmonaire et le gauche dans l'aorte ; chez l'homme la durée de cette systole ventriculaire est trois fois plus grande que la systole auriculaire ($3/10$ de révolution cardiaque) ; chez le cheval elle est de $4/10$.

Le sang pressé par les ventricules ne remonte pas dans les oreillettes parce que les orifices auriculo-ventriculaires se trouvent à ce moment hermétiquement fermés par les valvules tricuspide et mitrale : sous l'influence de la pression sanguine, les bords de ces valvules se soulèvent en effet, s'accolent intimement en formant une sorte de dôme à convexité tournée vers l'oreillette et ferment ainsi toute communication ; si elles ne se retournent pas complètement du côté des oreillettes, cela tient aux filaments tendineux qui les tiennent fixées inférieurement sur les parois ventriculaires.

Les orifices auriculo-ventriculaires se trouvant ainsi fermés, le sang n'a plus devant lui que les orifices de l'artère pulmonaire et de l'aorte, dans lesquels il s'engage sous l'effet de la pression exercée par les ventricules : celle-ci doit naturellement être assez forte pour vaincre la résistance opposée par le sang qui remplit déjà les artères et qui équivaut à 15-18 cm. de mercure à l'origine de l'aorte, 3-5 cm. à l'origine de l'artère pulmonaire.

Il est vrai qu'une fois que la systole est terminée et que les ventricules se dilatent de nouveau, ceux-ci déterminent un appel de sang par tous leurs orifices ; et de fait un flot venant des oreillettes s'écoule alors librement dans le ventricule correspondant ; mais le sang des artères, qui tend aussi à revenir en arrière, est complètement arrêté par les *valvules sigmoïdes* dans lesquelles il s'engouffre en faisant accoler leurs parois qui obtèrent ainsi complètement l'orifice.

Si on récapitule la durée de ces différentes phases depuis le début de la systole auriculaire, on a : 1° $1/10$ de révolution cardiaque pour la systole auriculaire ; 2° intervalle ou intersystole de $1/10$; 3° systole ventriculaire, $3/10$. — Il reste par conséquent encore $5/10$ de révolution cardiaque pendant lesquels les oreillettes et les ventricules sont simultanément relâchés, c'est-à-dire en diastole, jusqu'à ce qu'il se produise une nouvelle systole auriculaire.

Quelles sont les causes qui font remplir de nouveau le cœur pendant la diastole ? Il y en a trois : la *systole ventriculaire*, la *diastole ventriculaire* et l'*aspiration thoracique*.

En premier lieu, au moment où se produit la systole ventriculaire, la région basilaire des ventricules confinant aux oreillettes se rapproche de la pointe du cœur par suite de la contraction de ses fibres musculaires ; les oreillettes dont la partie supérieure est rattachée au péricarde et aux veines caves, ont le reste de leurs parois entraîné vers le bas par le mouvement de descente des ventricules ; leur cavité s'agrandit ainsi et détermine un appel de sang par les veines caves et les veines pulmonaires.

En second lieu, l'augmentation brusque des cavités ventriculaires aussitôt après la systole, produit tout à coup une forte inspiration du contenu des oreillettes qui, à leur tour, déterminent un appel aux orifices de leurs veines afférentes.

Enfin les poumons tendent constamment à revenir sur eux-mêmes en vertu de leur élasticité propre, en déterminant ainsi une sorte d'attraction continue sur tous les organes voisins, attraction qui a pour effet en particulier de déterminer la voussure du diaphragme et de maintenir toujours béants les gros trous veineux ainsi que les oreillettes. Cette *aspiration thoracique* est continue, tandis que celle des ventricules est intermittente.

§ 5. Le cardiographe. — On désigne sous ce nom un appareil destiné à analyser et à enregistrer avec précision les mouvements des différentes parties du cœur. Il s'en construit de diverses espèces. En voici un modèle (fig. 224) :

Il consiste essentiellement en une ampoule de caoutchouc V qui est en communication par un tube *lv*, également en caoutchouc, avec un petit tambour métallique *lv* dont la face supérieure est fermée par une petite membrane flexible également en caoutchouc. Sur cette dernière est fixée une petite pointe verticale, sur laquelle vient reposer une longue aiguille horizontale qui peut monter et descendre en se déplaçant autour d'un petit axe qui lui sert de charnière. Enfin la pointe de l'aiguille vient toucher un cylindre animé d'un mouvement de rotation à l'aide d'un appareil d'horlogerie, et sur la surface duquel on colle une feuille

de papier noir qui se laisse facilement rayer par la pointe de l'aiguille et dont chaque quadrillage représente $1/10$ de révolution cardiaque d'une durée de $3/4$ de seconde.

L'ampoule, le tambour et le tube qui les relie formant un ensemble complètement clos et rempli d'air, on conçoit que, si on presse l'ampoule avec la main, la pression produite se transmet au tambour, dont la paroi élastique se soulève et fait soulever à son tour

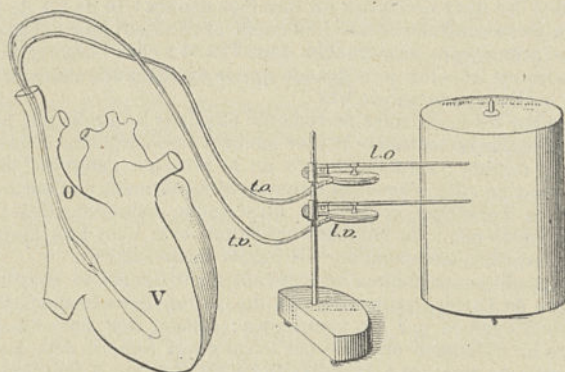


Fig. 224. — Cardiographe.

la grande aiguille horizontale. La pointe de cette dernière marque par suite sur le cylindre noir une ligne qui serait verticale si ce cylindre était immobile, et qui est une *oblique ascendante* parce qu'il est animé lui-même d'un mouvement de rotation. Si l'on cesse de presser l'ampoule, l'aiguille redescend en décrivant une *oblique descendante*.

En d'autres termes, chaque contraction ou systole de l'ampoule donne sur le cylindre une ligne *oblique ascendante* qui se maintient élevée et au même niveau tant que cette



Fig. 225. — Tracés des variations de pression obtenus avec le cardiographe (cheval).

Tracés de l'oreillette droite Or. D., du ventricule droit Vent. D. et du ventricule gauche Vent. G.
Chaque division correspond à $1/10$ de révolution cardiaque.

systole persiste et reste constante; puis, quand survient une décompression, c'est-à-dire une *diastole* de l'ampoule, l'aiguille décrit une *oblique descendante*.

Pour opérer avec cet appareil on s'adresse à des animaux d'assez forte taille, cheval, bœuf, mouton. On fait pénétrer doucement une ampoule dans le ventricule droit, par exemple, en la faisant passer par la veine jugulaire que l'on incise à cet effet, puis en la

poussant avec précaution d'abord dans le tronc brachio-céphalique, puis dans la veine cave supérieure et l'oreillette. Dans l'autre moitié du cœur, on opère par la carotide.

A chaque contraction ventriculaire, l'aiguille du cardiographe trace une ligne oblique ascendante et à chaque mouvement de diastole elle redescend ; le ventricule inscrit ainsi de lui-même ses moindres mouvements.

On peut expérimenter simultanément avec deux ampoules comme l'indique la figure 224, l'une O placée dans l'oreillette, l'autre V dans le ventricule ; on obtient ainsi les tracés simultanés des différentes parties du cœur et on en tire des comparaisons intéressantes.

C'est ainsi qu'ont été obtenus les trois tracés ci-joints (fig. 225) dont l'interprétation a permis de formuler les différentes lois énoncées plus haut sur la durée et les rapports des contractions auriculaires et ventriculaires. La longueur des lignes ascendantes indique l'augmentation relative de la pression ; ainsi la systole du ventricule droit chez le cheval (fig. 225) détermine une pression environ cinq fois plus grande que celle des oreillettes ; celle du ventricule gauche, marquée par la ligne *ac*, est environ sept fois plus grande. Quant à la durée des contractions, elle est marquée par l'intervalle tel que *af* qui s'étend entre le point de départ et le point d'arrivée de l'aiguille ; la systole auriculaire est de $\frac{2}{10}$ et la systole ventriculaire de $\frac{4}{10}$ de révolution cardiaque chez le cheval (fig. 225).

Le cardiographe employé pour l'homme est modifié pour pouvoir être utilisé à la surface de la poitrine : à cet effet, l'ampoule en caoutchouc est remplacée par un tambour métallique, dont l'une des faces est fermée par une membrane en caoutchouc que l'on bombe autant que possible en y comprimant de l'air. Il suffit ensuite d'appliquer la face convexe et flexible de cette membrane sur la paroi thoracique, au niveau du cœur.

§ 6. Mécanisme de la circulation dans les artères. — La première cause qui détermine la circulation du sang dans les artères est l'impulsion que lui communique tout d'abord la contraction des ventricules jouant le rôle de pompes refoulantes. Au moment de sa systole, chaque ventricule lance en effet dans l'aorte correspondante une ondée sanguine du poids moyen de 60 grammes, avec une pression qui est de 15 à 18 centimètres de mercure à l'orifice de l'aorte et de 5 à 6 centimètres seulement à l'origine de l'artère pulmonaire.

Sous l'effet de cette pression provoquée par la contraction ventriculaire, les deux artères se dilatent pour recevoir le flot sanguin ; mais elles reviennent presque aussitôt sur elles-mêmes à cause de leur élasticité propre, *en exerçant alors à leur tour une certaine pression sur le liquide sanguin*. Comme celui-ci ne peut pas retourner dans le cœur à cause des valvules sigmoïdes qui l'arrêtent, il est obligé de se diriger vers la périphérie. La même chose se reproduit à chacune des ondées sanguines lancées tous les trois quarts de seconde par le cœur, et les parois des artères *distendues* chaque fois réagissent aussitôt contre la poussée que le sang exerce sur elles.

Il en résulte donc que la circulation dans les artères est amenée à la fois par la *poussée initiale que provoquent les contractions ventriculaires* et par la *pression qu'exercent les parois artérielles en vertu de leur élasticité*. Si le cœur s'arrête, l'élasticité des artères continue de s'exercer et cesse quand elles sont complètement vides ; les artères se vident toujours en effet après la mort.

L'action du cœur n'est qu'intermittente puisqu'elle se répète seulement à chaque systole, tandis que celle des artères est continue ; et elle n'a pas seulement pour effet de contribuer à la marche du sang, mais elle transforme encore les *mouvements intermittents et saccadés* du flot sanguin lancé par les ventricules *en un mouvement continu* dans l'artère. On a également établi expérimentalement que par suite de l'élasticité de leurs parois, les artères

assurent un débit plus considérable que celui que fournissent des tubes à parois rigides.

Si l'on veut montrer expérimentalement que le sang circule bien sous pression dans les artères, il suffit de sectionner un de ces vaisseaux : le sang est alors projeté avec une certaine violence, avec des renforcements saccadés.

La pression du sang dans les artères, qu'on désigne couramment sous le

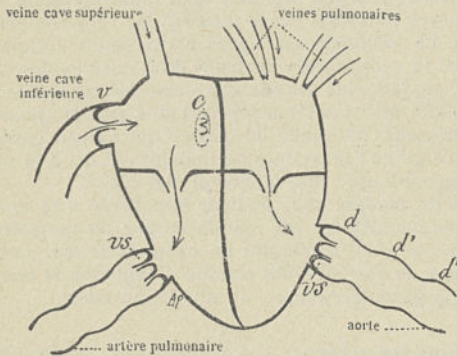


Fig. 226. — Schéma montrant la circulation dans le cœur et les artères.

d, d', d'', dilatations successives de l'aorte. — *vs*, valvules sigmoïdes. — *v*, valvule d'Eustache. — *c*, orifice de la veine coronaire avec la valvule de Thébésius.

nom de *tension artérielle*, est, avons-nous dit, de 15 à 18 centimètres de mercure à l'origine de l'aorte; elle va en diminuant progressivement à mesure qu'on s'éloigne de l'organe propulseur central et aussi parce que l'élasticité des parois artérielles diminue à mesure que leur calibre s'affaiblit. On sait en effet que dans les petites artères et dans les artérioles qui précèdent immédiatement les capillaires, les fibres élastiques de la tunique moyenne sont remplacées en grande partie par des fibres musculaires. Aussi la circulation dans ces petits vaisseaux n'est-elle plus assurée par l'élasticité

de leurs parois, mais bien par les *contractions de leur tunique musculaire*.

De plus, comme les petits vaisseaux ont la propriété de se dilater ou de se rétrécir plus ou moins sous l'influence des nerfs vaso-moteurs (p. 130), il en résulte que ce sont eux qui font varier l'apport du sang dans chaque organe ; ils en règlent à chaque instant le débit.

Le pouls. — Au moment où l'ondée sanguine du poids de 60 grammes en moyenne est lancée par le ventricule dans l'artère correspondante, elle heurte violemment le sang déjà contenu dans le vaisseau et y détermine la formation d'une *onde* qui se propage vers la périphérie en *d, d', d''*, etc..., à la façon des ondes que l'on provoque dans une pièce d'eau en y lançant une pierre. La vitesse de propagation de cette *onde pulsatile* le long des vaisseaux est de 9 mètres à la seconde ; elle ne doit pas être confondue avec le mouvement de translation propre de la masse sanguine elle-même, dont elle est absolument indépendante et dont la vitesse n'est que de 40 à 50 centimètres à l'orifice de l'aorte. Ce sont deux choses absolument différentes et on ne peut mieux les distinguer qu'en songeant aux ondes que l'on produirait à la surface d'un cours d'eau à pente rapide ; la vitesse de ses eaux est indépendante des ondes ou des vagues qui courent à sa surface ; l'onde pulsatile n'est donc pas une masse sanguine qui se déplace successivement, mais tout simplement un mouvement vibratoire produit sur le contenu de l'aorte par le choc du flot sanguin lancé par le ventricule, mouvement qui se propage à distance et qui va naturellement en s'affaiblissant à mesure que

l'on s'éloigne du centre d'impulsion et que les artères, devenant plus petites, sont de moins en moins élastiques.

Les soulèvements et affaissements successifs des parois artérielles produits par les ondes pulsatiles peuvent être facilement perçus en pressant légèrement une artère superficielle (carotide temporale, radiale) avec le doigt. Cette sensation de soulèvement est le *pouls*. Comme chaque onde artérielle correspond à une contraction des ventricules, il en résulte que le nombre des pulsations du pouls pendant un temps donné est le même que

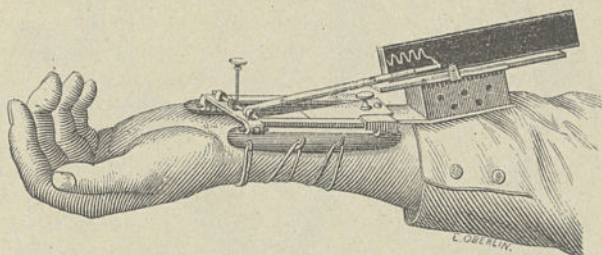


Fig. 227. — Sphygmographe.

celui des battements du cœur. La fièvre, l'exercice, l'émotion augmentent le pouls; le repos le diminue.

On enregistre le pouls à l'aide du *sphygmographe* (fig. 227); cet appareil se compose essentiellement d'un ressort très flexible que l'on applique sur l'artère et qui transmet les ondulations à l'extrémité d'un levier mobile autour d'un axe; l'autre extrémité du levier inscrit les oscillations sur un papier enduit de noir de fumée.

§ 7. **Mécanisme de la circulation dans les capillaires.** — Les parois des capillaires ne sont guère capables de communiquer par elles-mêmes une impulsion bien sensible au liquide sanguin, puisqu'elles ne sont constituées que par une très fine membrane endothéliale de quelques millièmes de millimètre d'épaisseur; toutefois cette membrane est légèrement extensible et élastique; elle peut déterminer par cela même quelques variations dans le débit artériel. Le sang y circule régulièrement, surtout grâce à la poussée qu'il reçoit plus haut de la part des contractions ventriculaires et de l'élasticité artérielle. En raison de la capacité relativement grande du réseau des capillaires, qui est bien supérieure à celle des artères, et aussi en raison de la grande résistance qu'offre la multiplicité des capillaires embranchés les uns sur les autres, la pression sanguine s'y réduit considérablement et tombe à 40 millimètres dans les capillaires de la peau du doigt, avec une vitesse d'un millimètre environ à la seconde; cette pression n'est d'ailleurs pas constante, car, lorsque les petits vaisseaux se dilatent ou se contractent sous l'influence des vaso-moteurs, les variations de pression qu'ils déterminent retentissent naturellement dans le réseau capillaire. Le courant y est *continu* et absolument *uniforme*, sans la moindre trace des saccades que les pulsations cardiaques déterminent dans les artères.

On peut observer très facilement la circulation dans les vaisseaux capillaires en s'adressant à une des membranes interdigitales de la grenouille;

l'animal est immobilisé sur une plaque de liège, et l'une des pattes est placée, bien étalée, sous l'objectif du microscope. On observe alors comme des

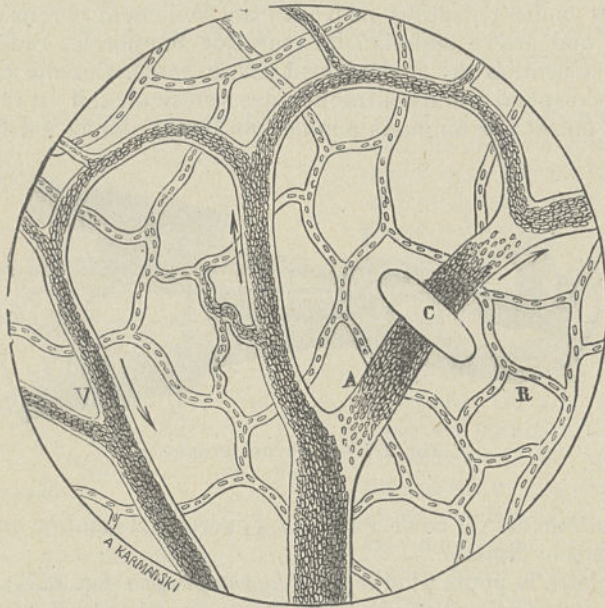


Fig. 228. — Aspect de la circulation dans les capillaires (Poiseulle).

C, poids placé sur un vaisseau. — A, courant artériel. — V, courant veineux.

petits ruisseaux de sang qui se déversent les uns dans les autres en décrivant un réseau ; le courant est d'autant plus rapide que le diamètre du vaisseau est plus grand (fig. 228 et 229).

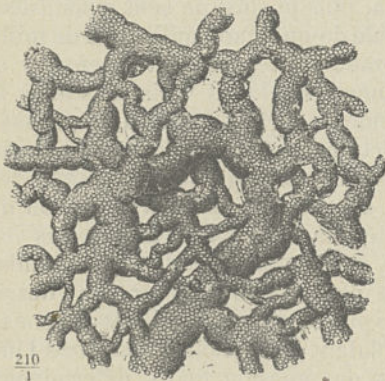


Fig. 229. — Circulation dans les capillaires lymphatiques (d'après Sappey).

Il arrive parfois que même le capillaire se trouve trop étroit pour les globules ; ceux-ci s'allongent alors grâce à leur élasticité et reprennent leur forme normale un peu plus loin, dans les vaisseaux plus larges.

La pression sanguine tombe à 9 centimètres de mercure dans les capillaires, tandis qu'elle est de 15 à 18 centimètres à l'orifice de l'aorte.

Rappelons que c'est au niveau des capillaires, où la vitesse du sang est très ralentie, que se font les véritables échanges nutritifs : les substances nourricières charriées par le sang, peptones, glucoses, graisses, etc., traversent leurs parois très minces et vont imprégner

pour ainsi dire les tissus environnants qui les absorbent à mesure de leurs besoins. Les leucocytes eux-mêmes, comme nous l'avons déjà dit, ont la

faculté de percer l'endothélium des capillaires et d'émigrer dans le tissu conjonctif voisin.

D'autre part, les substances de déchet ou de *désassimilation* de l'organisme, élaborées dans les différents tissus, suivent un chemin inverse et pénètrent à chaque instant dans le sang, qui les charrie ensuite dans les organes épurateurs, foie, reins, etc.

§ 8. **Mécanisme de la circulation dans les veines.** — Les parois des veines n'exercent directement qu'une très faible action sur la circulation du sang qu'elles renferment, *parce qu'elles ne sont que très peu élastiques* : ce sont les fibres musculaires lisses qui dominent de beaucoup dans leur tunique moyenne, comme nous l'avons déjà dit, et les quelques fibres élastiques qui y sont entremêlées ne suffisent pas pour y déterminer un mouvement ondulatoire.

La marche du sangy est donc uniforme comme dans les capillaires et les petites artères.

Le sang des veines est *poussé* d'une part et *aspiré* de l'autre. La poussée qu'il reçoit et qui est dirigée du côté du cœur vient à peu près uniquement de l'impulsion communiquée primitivement par les contractions ventriculaires et un peu plus loin par l'élasticité des artères : le flot veineux chemine d'un mouvement *uniforme*, poussé par les ondées successives que le cœur lance dans l'aorte et qui ont déjà perdu elles-mêmes leurs saccades quand elles arrivent dans les artérioles. Cette poussée est cependant très faible ; elle n'équivaut plus qu'à une colonne de 5 à 15 millimètres de mercure. De ce que le mouvement est uniforme, on en conclura à l'absence du *pouls veineux*, sauf toutefois dans les jugulaires sous l'influence de la systole de l'oreillette droite et surtout dans le cas d'insuffisance de la valvule tricuspide.

D'autre part, le sang est fortement aspiré aux orifices des gros troncs veineux, veines caves et veines pulmonaires, pendant la diastole des oreillettes dont le contenu est de son côté aspiré par le ventricule correspondant au cours de sa diastole.

Mais une autre aspiration, infiniment plus importante que celle du cœur, est produite par les poumons au cours de l'inspiration : un manomètre communiquant avec la jugulaire baisse de 3 à 4 centimètres au moment de l'inspiration thoracique. On explique ce phénomène par la grande élasticité du tissu pulmonaire qui, tendant à revenir constamment sur lui-même, détermine une véritable aspiration sur les organes voisins, particulièrement sur les gros troncs veineux dont les parois sont très dilatables et qui sont maintenus ainsi toujours béants.

En résumé, la circulation veineuse est assurée par la *poussée* des ventricules, par l'*aspiration* des oreillettes et par l'*aspiration thoracique*.

Un certain nombre d'autres causes secondaires facilitent la circulation veineuse :

1° La pesanteur fait arriver tout naturellement le sang de la tête et du cou ;

2° Le sang qui vient des membres et des viscères abdominaux est au contraire contrarié par la pesanteur ; mais les valvules qui garnissent les veines des membres et dont la concavité est tournée du côté du cœur, s'opposent naturellement au retour du sang en arrière. Elles ont aussi pour effet de déterminer toujours le cours du sang vers le cœur quand il se produit des

contractions des parois veineuses, car sans elles les contractions chasseraient le sang aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Les veines des viscères abdominaux sont dépourvues de valvules; mais à chaque abaissement du diaphragme, au moment de l'inspiration, ces viscères reçoivent une certaine compression qui contribue à faire cheminer leur sang vers le tronc ;

3° Les artères et les veines des membres sont adjacentes et possèdent même une gaine conjonctive commune; il en résulte que les premières transmettent aux autres, par contact, leurs mouvements ondulatoires et activent ainsi dans une certaine mesure la circulation veineuse ;

4° Enfin, les muscles, surtout ceux des membres, compriment les veines au moment où ils se contractent et forcent le sang à cheminer plus en avant, puisque les valvules l'arrêtent en arrière.

A mesure que l'on s'éloigne du cœur, centre de l'impulsion primitive et fondamentale, cette dernière se fait naturellement sentir de moins en moins; la pression sanguine qui n'était plus que de 9 millimètres de mercure dans les capillaires, continue à décroître progressivement dans les veines et est à peu près nulle au débouché de la veine cave inférieure dans l'oreillette droite.

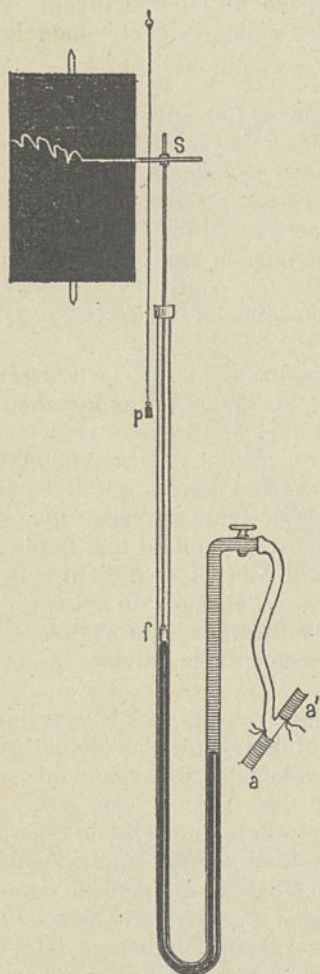


Fig. 230. — Appareil pour évaluer la pression sanguine dans une artère *aa'*.

§ 9. Mesure de la pression du sang dans les vaisseaux sanguins. — Pour mesurer la pression sanguine, on se sert tout simplement d'un manomètre à air libre (fig. 230) dont la courte branche porte une canule tranchante à robinet que l'on introduit dans l'artère (*a, a'*). Le mercure de la même branche courte est recouvert d'une solution alcaline destinée à empêcher la coagulation du sang.

Une fois que la canule est introduite dans les vaisseaux, le sang pénètre dans la petite branche et sa pression est indiquée par la différence de niveau du liquide dans les deux branches.

On complique généralement l'appareil pour qu'il puisse enregistrer les variations de pression : sur le mercure de la grande branche repose un flotteur *f* surmonté d'une tige qui est munie elle-même d'un stylet perpendiculaire *S*, lequel inscrit les variations de la colonne de mercure sur un cylindre enregistreur. C'est ainsi qu'on a reconnu sur le chien que la pression augmente d'un centimètre de mercure à l'orifice de l'aorte à chaque onnée sanguine qu'y lance le ventricule gauche. Nous avons dit que cette pression est celle d'une colonne de mercure de 15 à 18 centimètres à l'orifice de l'aorte, de 40 millimètres dans les capillaires de la peau du doigt, de 5 à 11 millimètres dans les veines périphériques et qu'elle est finalement de 0^{mm},5 à 0^{mm},1 à l'embouchure des gros troncs veineux.

§ 10. Travail du cœur. — On peut calculer approximativement le travail produit par le cœur à chaque systole pour lancer son onnée sanguine dans les artères. Ce travail est

égal, d'après la formule générale, au produit de la charge par la hauteur à laquelle elle est soulevée.

La charge à soulever est représentée ici par l'ondée sanguine de 60 grammes lancée par chacun des ventricules : la hauteur est représentée par la pression de 15 centimètres de mercure à l'orifice de l'aorte et de 5 centimètres à l'orifice de l'artère pulmonaire : soit pour les deux ventricules un total de 20 centimètres de mercure équivalant à une hauteur de $0^m,2 \times 13,60 = 2^m72$ de sang (la densité du sang, 1,06, n'étant guère supérieure à celle de l'eau).

Le travail produit par les deux ventricules à chaque pulsation est donc de $60 \times 2,72 = 163$ grammètres. — Pour les 70 pulsations, moyenne d'une minute, il est de $163 \times 70 = 11.410$ grammètres ou $11^{\text{kgm}},41$. — En une heure, il est de $11^{\text{kgm}},41 \times 60 = 684^{\text{kgm}},6$, et en 24 heures : $684,6 \times 24 = 16.430^{\text{kgm}},4$ qui équivalent à $16.430,4 : 425^1 = 38^{\text{cal}},6$. Ces calories sont fournies principalement par la combustion du glucose et du glycogène que consomment les fibres cardiaques.

+ 7^{1/2} Cal.

¹ 425 représente l'équivalent mécanique de la chaleur.

CHAPITRE IV

ABSORPTION DES ALIMENTS

Nous avons établi antérieurement que les aliments digérés forment dans l'intestin grêle un liquide laiteux appelé le *chyle*, qui est composé essentiellement d'albumoses, de peptones, de glucose et de graisses, ces dernières partiellement décomposées en savons, acides gras et glycérine. Ces différentes substances assimilables doivent en définitive passer dans le sang qui les répartira à son tour dans toutes les parties de l'organisme, et les amènera au contact des tissus vivants pour en assurer la nutrition.

L'absorption consiste précisément dans la marche des aliments depuis la cavité où ils ont été digérés, jusque dans l'intérieur des vaisseaux chargés de les distribuer ensuite dans les différentes parties du corps.

C'est, comme on le voit, une phase précédant la *nutrition proprement dite* qui se fait dans chaque cellule vivante.

Les différentes fonctions qui assurent la nutrition cellulaire peuvent en effet se ramener à trois :

1° Les aliments sont digérés et transformés en *chyle* dans l'intestin grêle : c'est la *digestion* ;

2° Le chyle traverse les parois de l'intestin grêle et pénètre dans le sang : c'est l'*absorption* ;

3° Les vaisseaux sanguins transportent dans les différentes régions du corps le sang et les substances nutritives qu'il renferme : c'est la *circulation*. Chaque cellule puise alors dans le sang qui arrive à son contact les substances alimentaires dont elle a besoin ; c'est la *nutrition cellulaire proprement dite*.

La marche de l'absorption est facile à établir maintenant que nous connaissons les différentes parties de l'appareil circulatoire. Les choses se passent de la façon suivante :

Les millions de petites villosités que nous avons vues couvrir la surface intestinale (p. 260), se trouvent naturellement plongées tout entières dans le chyle au moment des digestions, et *elles s'y comportent comme autant de petites racines suçoirs*. Elles sont recouvertes, comme on le sait (fig. 198), d'un épithélium cylindrique simple et renferment chacune un vaisseau chylifère central (6), entouré d'un réseau de capillaires sanguins (8) qui s'étendent très superficiellement tout à fait au contact des cellules épithéliales.

Or les substances digérées traversent tout simplement l'épithélium et pénètrent dans le corps des villosités, qui se gonflent. Mais une fois là, elles se séparent pour ainsi en deux courants : les *glucoses*, les *albumoses* et les *peptones* s'en vont d'un côté, les *graisses* de l'autre (fig. 231).

1° Les *glucoses*, les *albumoses* et les *peptones* ainsi que les boissons et les sels, après avoir franchi l'épithélium, pénètrent directement dans les capillaires des veines intestinales qui s'étendent immédiatement au-dessous de ce dernier. Le courant sanguin qui les entraîne va ensuite passer, comme on se le rappelle, dans la veine porte et le foie, d'où il sort par la veine hépatique et la veine cave inférieure qui le déverse finalement dans le cœur.

Les sucres ne paraissent pas séjourner dans l'intestin; ils sont absorbés au fur et à mesure de leur production.

Les boissons (eau et substances minérales en dissolution) sont aussi rapidement absorbées sans subir de transformations préalables; ce qui le prouve, c'est que les liquides alcooliques, une fois ingérés, ne sont pas longtemps à produire sur le cerveau les troubles caractéristiques de l'ivresse; les solutions salines injectées dans l'intestin se retrouvent au bout d'un temps très court dans les urines.

2° Les *graisses* digérées sont sous la forme d'*émulsions*, de *savons*, d'*acides gras* et de *glycérine* mélangés (p. 255). Tous ces produits pénètrent d'abord dans les cellules épithéliales où les *acides gras* et la *glycérine* se recombinent et redeviennent des gouttelettes graisseuses; puis celles-ci envahissent le corps de la villosité et pénètrent finalement dans le *chylifère central*. Tous les chylifères se réunissent comme on le sait pour aller tomber dans le *canal thoracique*, qui lui à son tour se déverse dans la veine sous-clavière gauche.

Les vaisseaux chylifères prennent pendant la digestion une teinte laiteuse due aux nombreux globules graisseux qu'ils absorbent et qui les rend visibles. Le chyle du canal thoracique renferme jusqu'à 10 p. 100 de graisse chez un chien qui vient de faire un repas riche en corps gras. C'est même cette particularité qui a permis au médecin italien *Aselli* de les découvrir dans le mésentère d'un chien qui venait de faire un repas copieux (1622). Entre les digestions ils ne renferment plus guère que de la lymphe, et sont alors brillants et invisibles comme les autres vaisseaux lymphatiques.

Pour démontrer que les cellules épithéliales des villosités déterminent la synthèse des gouttelettes graisseuses, on injecte dans une anse intestinale isolée des *acides gras* et de la *glycérine*; au bout de quelque temps les chy-

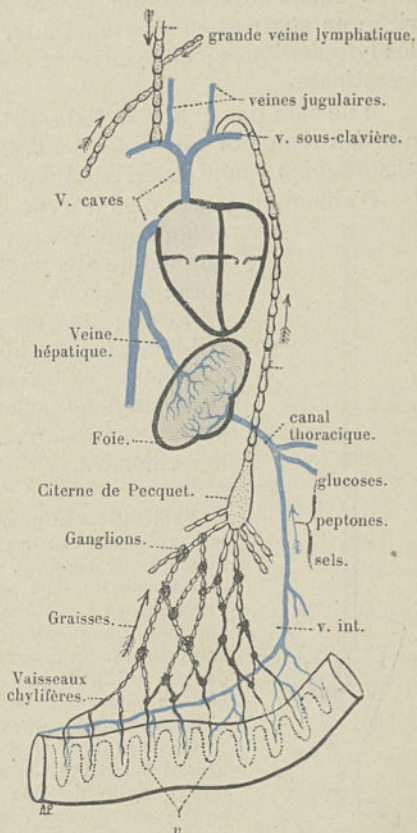


Fig. 231. — Schéma montrant la marche suivie par les aliments digérés pendant l'absorption.

lifères de cette anse deviennent laiteux et renferment de nombreuses gouttelettes de graisse.

L'absorption des graisses se fait très mal quand la bile ne se déverse plus dans l'intestin (p. 255).

Ajoutons enfin que la séparation des aliments digérés en deux courants n'est jamais aussi absolue que nous venons de le dire. Quand le repas est riche en sucre et en sels minéraux, il y en a toujours un peu qui passe dans les lymphatiques; on trouve également un peu de graisse dans les veines intestinales.

Il ne sera pas question d'absorption par les parois du gros intestin, parce que les aliments ne renferment plus guère que des traces de matières absorbables quand ils arrivent dans cette partie du tube digestif.

D'ailleurs le gros intestin n'est pas indispensable; on cite le cas d'une femme qui a vécu trente-cinq ans en parfaite santé avec une fistule de l'intestin grêle pratiquée au-dessus du cæcum; tout son gros intestin était atrophié jusqu'au rectum.

Les peptones formées dans l'estomac ne sont que très faiblement absorbées par les parois de cet organe; l'eau elle-même ne traverse que très faiblement ces parois. Nous pouvons donc poser comme règle générale que l'absorption des aliments digérés se fait essentiellement par l'épithélium des villosités.

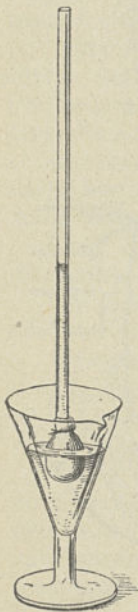


Fig. 232.
Endosmomètre.

Explication du phénomène de l'absorption. — On a comparé longtemps ce passage des aliments à travers l'épithélium au phénomène physique de l'*osmose*, qui se met en évidence avec l'appareil appelé l'*endosmomètre*. Cet appareil se compose tout simplement de deux vases placés l'un dans l'autre; l'interne est fermé inférieurement par une membrane animale, morceau de vessie ou de parchemin, et se continue par un tube étroit. On met dans chaque vase un liquide quelconque qui n'ait pas la même densité que l'autre: par exemple du *glucose coloré* dans le petit tube et de l'eau pure dans le grand vase, s'élevant tous les deux au même niveau *n*.

On constate bientôt que le niveau du glucose coloré s'élève progressivement dans le tube du milieu, et que par conséquent une certaine quantité de l'eau du grand vase est venue se mélanger avec lui en passant à travers la membrane du parchemin. Le passage inverse se produit également, mais avec une bien plus faible intensité; c'est surtout le liquide le moins dense qui va se mélanger avec le plus dense, et le passage s'arrête lorsque les liquides ont atteint la même densité sur les deux faces de la membrane.

Cette sorte de filtration des liquides à travers les membranes minces s'appelle l'*osmose*; quand le passage a pris fin, parce que les densités des solutions sont les mêmes sur les deux faces, on dit qu'il y a *équilibre osmotique* et que les deux solutions sont *isotoniques*.

Certaines substances telles que les solutions *sucrées*, les *solutions minérales quelconques*, les *peptones*, etc., sont facilement *osmosables*, c'est-à-dire qu'elles traversent facilement les membranes minces comme le parchemin; on les qualifie de *substances cristalloïdes* parce que la plupart sont cristallisables.

D'autres, telles que la gélatine et l'albumine ordinaire du blanc d'œuf, ne sont pas du tout *osmosables* et sont appelées substances *colloïdes* (*kolla*, gélatine). Ainsi, si on met dans le vase interne de l'endosmomètre du blanc d'œuf avec les sels et le sucre qu'il renferme naturellement, ces sels et ce sucre passeront peu à peu à travers la membrane pour se répandre dans l'eau pure du vase externe; et si on renouvelle cette eau à plusieurs reprises, on finit par soutirer à l'albumine la totalité de ses sels et de son sucre; elle seule est restée dans le vase étroit. Ce procédé de séparation de deux substances, l'une osmo-

sable et l'autre qui ne l'est pas, est ce qu'on appelle la *dialyse* et l'endosmomètre mérite alors d'être qualifié de *dialyseur*.

Le point qui nous intéresse le plus à ce sujet, dans la physiologie de l'absorption intestinale, c'est que certaines de nos matières alimentaires, en particulier les sels, les boissons et les sucres sont parfaitement osmosables, tandis que l'*albumine* et la *gélatine* ne le sont pas ; mais elles le deviennent une fois que les liquides digestifs les ont transformées en *peptones* et en *albumoses*.

Mais lorsque les matières alimentaires osmosables, glucoses, peptones, etc., traversent l'épithélium intestinal pour pénétrer dans le sang, est-ce par un simple phénomène physique analogue à celui qui se passe à travers la membrane de l'endosmomètre, ou bien faut-il tenir compte de la nature de la membrane épithéliale dont les cellules, par cela même qu'elles sont vivantes, seraient capables de puiser directement les éléments du chyle qui est à leur contact ?

La première théorie, purement *physico-chimique*, trouve à l'heure actuelle de nombreux défenseurs ; un des arguments principaux en sa faveur, c'est qu'une membrane muqueuse morte depuis plusieurs jours ou tuée par un chauffage à 100°, se comporte exactement comme une muqueuse vivante.

Dans la seconde théorie, l'absorption est au contraire regardée comme un véritable *acte vital* ; les substances digérées seraient attirées dans l'intérieur des cellules épithéliales par le protoplasme vivant de ces dernières, pour lequel elles représentent des matières nutritives assimilables. Si ensuite le sang des villosités renferme très peu de sucre, par exemple, il en soutire constamment aux cellules épithéliales, qui, elles, en puisent de nouveau de leur côté dans l'intestin et le passage s'arrête lorsque l'*équilibre osmotique* est établi ; mais dans les conditions normales, cet équilibre ne se réalise pour ainsi dire jamais, parce que le sang s'appauvrit régulièrement en sucre, en le cédant sans interruption aux tissus vivants qui l'utilisent pour leurs phénomènes vitaux. Dans de telles conditions le passage de ce sucre à travers l'épithélium se fait d'une façon régulière et continue, et l'absorption serait d'autant plus rapide que la nutrition des tissus serait elle-même plus active ; ici, comme chez les végétaux, c'est la *consommation qui réglerait l'absorption*, et les villosités seraient physiologiquement comparables aux poils absorbants des racines.

Voici les faits par lesquels on démontre que les cellules épithéliales de l'intestin jouent un rôle actif dans l'absorption et ne sont nullement assimilables à une membrane inerte :

1° On peut avaler sans danger du *venin* de serpent et même du *curare* (substance que les Indiens utilisent pour empoisonner leurs flèches) à la seule condition que la muqueuse du tube digestif ne présente aucune écorchure : les cellules de l'épithélium intestinal les absorbent probablement et les décomposent : les mêmes doses injectées directement dans le sang eussent amené la mort.

L'épithélium de l'estomac a des propriétés semblables : si on fait avaler une certaine dose de *strychnine*, poison très violent, à un cheval dont on a lié le pylore, l'animal n'est pas empoisonné. On pourrait penser qu'il en est ainsi parce que l'absorption par la muqueuse stomacale a pu être nulle ; mais si on délire le pylore quelques heures plus tard il n'y a pas davantage d'empoisonnement ; le curare a donc bien disparu et on pense qu'il a été détruit par les cellules épithéliales de la muqueuse stomacale ;

2° Les cellules épithéliales ne se contentent pas d'absorber les *acides gras* et la *glycérine* ; elles font recombinaison ces éléments et les transforment en gouttelettes grasses. Dans ce même ordre d'idées, il faut se rappeler aussi que les *albumoses* ou les *peptones* formées dans l'intestin et absorbées par les villosités, ne se retrouvent jamais dans le plasma qui ne contient toujours que de l'*albumine* ; peut-être est-ce encore les cellules épithéliales qui transforment ces produits pour donner l'*albumine*.

3° Dans certaines maladies qui amènent la chute de l'épithélium intestinal, l'absorption ne se fait plus.

4° Les cellules épithéliales s'usent peu à peu dans leur travail d'absorption ; leur protoplasme s'épuise à la longue et perd son pouvoir absorbant ; les cellules se détachent, balayées surtout par la bile qui fait contracter les villosités, et elles sont remplacées par d'autres qui se développent à la surface du derme.

CHAPITRE V

APPAREIL CIRCULATOIRE DANS LA SÉRIE ANIMALE

I. — INVERTÉBRÉS

Tous les animaux renferment du sang, sauf les plus inférieurs en organisation comme les Protozoaires, qui sont unicellulaires ; mais il n'y a guère que les *Vertébrés* qui aient du sang rouge ; chez la plupart des *Invertébrés* ce sang manque de globules rouges et est par conséquent incolore ; il ne possède que des leucocytes, qui sont en suspension dans le plasma.

Toutefois, chez ces Invertébrés, le rôle fondamental du sang consiste toujours à absorber l'oxygène du milieu extérieur pour le transporter au contact des tissus ; et pour cela il renferme encore une matière colorante spéciale qui est simplement dissoute dans le plasma et qui n'est pas tout à fait de même nature que l'hémoglobine. C'est ainsi que chez les Mollusques et les Crustacés c'est une matière appelée l'*hémocyanine*, contenant du cuivre et non pas du fer comme l'hémoglobine, qui a la propriété d'absorber de l'oxygène en bleuissant (p. 268).

Quant à l'appareil circulatoire destiné à assurer la répartition du sang chez les Invertébrés, il est toujours d'une très grande simplicité et ne rappelle que de très loin celui de l'homme et des autres Vertébrés.

D'abord, les *Protozoaires*, les *Eponges* et les *Cœlentérés* en sont dépourvus.

Les *Echinodermes* (Oursin, Étoile de mer) n'ont pas non plus d'appareil circulatoire proprement dit ; ils possèdent un système de vaisseaux qui présentent la particularité de communiquer directement avec l'extérieur et de permettre l'entrée de l'eau dans l'organisme (fig. 335)

Parmi les Invertébrés, il n'y a que les *Mollusques*, les *Insectes*, les *Crustacés* et les *Vers* qui possèdent un appareil circulatoire nettement différencié. Toutefois cet appareil présente la particularité caractéristique de n'être pas complètement endigué ; les vaisseaux capillaires au lieu de se continuer sans interruption, s'ouvrent dans des cavités ou *lacunes* creusées dans les tissus ou entre les organes, d'où le sang est ensuite repris par d'autres vaisseaux. C'est ce qu'on appelle un *appareil circulatoire lacunaire*. Toutefois les *Vers* possèdent comme les *Vertébrés* des vaisseaux qui se continuent sans aucune interruption dans l'intérieur des organes : on dit qu'ils ont un *appareil circulatoire clos*.

Disons maintenant quelques mots de la disposition de l'appareil circulatoire chez chacun de ces groupes d'Invertébrés.

1° Mollusques (fig. 428 et 433). — La plupart des Mollusques possèdent un cœur formé d'un ventricule *v* (fig. 428) et de deux oreillettes *o* et *o'* placées

à droite et à gauche de ce ventricule. Quelques-uns comme l'Escargot, n'ont qu'une seule oreillette accompagnant le ventricule.

Mais dans tous les cas, les oreillettes reçoivent le *sang artériel* qui vient de l'appareil respiratoire, puis le laissent passer dans le ventricule qui le chasse à son tour par une *aorte* dans les différentes parties du corps dont il remplit les lacunes. Une fois devenu veineux, il s'engage dans de nouveaux vaisseaux qui le ramènent à l'appareil respiratoire. Le *cœur est donc toujours rempli de sang artériel*.

La plupart des Mollusques sont des animaux aquatiques et l'eau extérieure peut pénétrer dans les lacunes sanguines et semélangier au sang ainsi que nous l'avons déjà signalé chez les Echinodermes.

2° Crustacés. — Prenons comme exemple l'Écrevisse (fig. 413).

On y trouve un cœur *c* qui est situé sous la carapace dorsale et qui est formé d'une poche unique; cette poche est elle-même enveloppée par une autre *pc* que l'on appelle la *péricarde* et avec laquelle elle est en communication par six orifices munis de valvules.

Le sang artériel en sortant de l'appareil respiratoire *br* arrive dans le péricarde, puis dans le cœur qui le chasse à son tour dans les différentes parties du corps par un certain nombre d'artères antérieures *aa, ao*, et par une artère abdominale postérieure *ap*. Il se répand ainsi dans les lacunes, d'où il se rend ensuite à l'appareil respiratoire.

La marche générale du sang est donc absolument la même que chez les Mollusques.

3° Insectes (fig. 378). — L'appareil circulatoire des Insectes est très différent de celui des animaux précédents et est en rapport avec la disposition de l'appareil respiratoire. Chez ces animaux, ce n'est pas le sang qui se rend dans l'appareil respiratoire pour y puiser l'oxygène dont a besoin l'organisme; c'est l'air lui-même qui est distribué dans toutes les parties du corps et même dans l'épaisseur des organes, par l'intermédiaire de milliers de petits tubes ramifiés ou *trachées* qui sont en communication directe avec l'extérieur.

Il n'y a par conséquent pas à distinguer de sang veineux et de sang artériel.

L'oxygène arrivant ainsi au contact immédiat de la plupart des tissus, on conçoit que l'appareil circulatoire n'a pas besoin d'un grand développement. Il est réduit à un tube contractile qui s'étend sous le tégument dorsal, à peu près d'un bout à l'autre du corps, et que l'on appelle le *cœur* ou encore le *vaisseau dorsal* (fig. 378).

Il est formé d'une dizaine de petites chambres séparées les unes des autres par des valvules qui sont disposées de telle façon que le sang ne peut circuler que d'arrière en avant. Son extrémité postérieure est fermée. Il est plongé tout entier dans une grande lacune remplie de sang, et ce dernier pénètre dans chaque chambre par deux orifices latéraux garnis également de valvules. Puis il est poussé en avant par les contractions successives des différentes chambres, qui se continuent jusqu'au voisinage de la tête par une *aorte* largement ouverte dans la cavité générale.

En quittant les lacunes, le sang revient de nouveau au cœur par les orifices extérieurs des petites chambres.

4° **Vers.** — Leur appareil circulatoire est construit sur un plan assez différent de celui des animaux précédents. Le plus souvent on trouve deux grands vaisseaux longitudinaux étendus d'un bout du corps à l'autre, sur la ligne médiane, l'un à la face dorsale, l'autre à la face ventrale (*vd* et *fn*, fig. 343).

Ces deux vaisseaux sont réunis, dans chaque anneau du corps, par des anses latérales qui entourent le tube digestif et le couvrent d'un très riche réseau sanguin. Certaines de ces anses, situées dans la partie antérieure du corps, ont même la propriété de se contracter et de communiquer une certaine impulsion au sang, remplaçant ainsi le cœur qui manque. Ces anses portent d'ailleurs le nom de *cœurs latéraux*.

Le vaisseau dorsal est lui-même décomposé en chambres contractiles, qui assurent la circulation de la tête vers la queue.

Rappelons enfin que les plus fines ramifications des vaisseaux ne s'ouvrent jamais dans des lacunes; elles se continuent dans tout l'intérieur du corps sans jamais présenter de solution de continuité, ce qui fait dire que l'appareil circulatoire des Vers est *clos* comme celui de l'homme et de tous les Vertébrés.

II. — VERTÉBRÉS

Tous les Vertébrés possèdent du sang coloré en rouge, avec des globules rouges sur lesquels se fixe l'hémoglobine et des globules blancs ou *leucocytes*.

Tous possèdent un cœur, souvent plus simple que celui de l'homme, ainsi qu'un système veineux et un système artériel qui sont en continuité directe l'un avec l'autre par des capillaires ne présentant jamais de solution de continuité; en d'autres termes, leur appareil circulatoire *est complètement clos*.

La comparaison du cœur et du système des vaisseaux sanguins des différents Vertébrés présente un grand intérêt pour l'histoire de l'évolution générale de ces animaux et permet d'établir des liens de parenté entre les différentes classes.

§ 1. **Origine du cœur. Ses variations chez les Vertébrés.** — Chez tous les Vertébrés il a d'abord la forme de *deux tubes indépendants* d'origine endodermique, placés à droite et à gauche de la paroi ventrale du pharynx; ces deux tubes se rapprochent et se soudent en un seul, formant ainsi un cœur un peu allongé et à cavité unique; mais comme il grandit plus vite que l'espace qu'il occupe, il ne tarde pas à se contourner en S et commence à s'étrangler en deux compartiments qui seront l'un, une *oreillette*, l'autre, un *ventricule* dont les parois s'épaississent davantage.

Il se transforme ensuite de plus en plus depuis les Poissons jusque chez les Oiseaux et les Mammifères

1° Chez les *Poissons* (fig. 236), ce renflement s'étrangle ensuite en deux compartiments, un *ventricule* et une *oreillette* auxquels s'en ajoutent deux autres: l'un, appelé le *sinus veineux*, précède l'oreillette; l'autre, appelé le *bulbe artériel*, continue le ventricule. Ces quatre poches sont placées en file. Le sang veineux qui revient des différentes parties du corps se déverse dans le cœur et franchit successivement le *sinus*, l'*oreillette*, le *ventricule*

et enfin le *bulbe artériel* qui l'envoie à son tour dans l'appareil respiratoire. Le cœur ne renferme jamais par conséquent que du sang veineux et correspond à la moitié droite de celui de l'homme.

Le sang artériel qui sort de l'appareil respiratoire se rend directement par l'aorte dans les différentes parties du corps sans revenir au cœur et sans traverser de poches contractiles qui puissent augmenter son impulsion; le sang ne décrit par conséquent qu'un seul cercle (fig. 237) ce qui fait dire que chez les Poissons la *circulation est simple*. On dit encore qu'elle est *complète* parce que le sang veineux et le sang artériel circulent dans des vaisseaux distincts, sans se mélanger;

2° Chez les *Batraciens* (grenouille), le cœur est constitué tout d'abord pendant le jeune âge exactement comme chez les Poissons, avec les quatre mêmes poches. Ces animaux passent en effet tout d'abord par une phase de *têtard*, pendant laquelle ils ont exactement la même organisation générale que les Poissons et respirent dans l'eau comme ces derniers. Dans la suite, la jeune grenouille complète son évolution en prenant des poumons et en respirant dans l'air. Son cœur se complique un peu plus à ce moment et prend une nouvelle oreillette.

La grenouille adulte possède par conséquent un cœur à cinq compartiments; mais au lieu de rester les uns derrière les autres, ils se disposent en un organe globuleux, le bulbe entre les deux oreillettes (fig. 238).

La figure schématique 241 montre que le sang veineux qui revient des différentes parties du corps, débouche d'abord dans le sinus, puis dans l'oreillette droite, qui l'envoie à son tour dans le ventricule, pour se rendre de là aux poumons. Le sang artériel qui sort de ces derniers revient dans l'oreillette gauche, puis dans le ventricule unique, où il se mélange au moins partiellement avec le sang veineux.

Cette disposition fait dire que chez les *Batraciens* la circulation est *incomplète*, parce qu'il y a mélange partiel du sang veineux et du sang artériel dans le ventricule unique.

On dit également qu'elle est *double* parce que le sang revient au cœur en sortant de l'appareil respiratoire, décrivant ainsi deux cercles, celui de la *circulation pulmonaire* et celui de la *circulation générale* dans le corps;

3° Chez les *Reptiles* adultes (fig. 240) le cœur est organisé comme celui des *Batraciens*, avec un *ventricule* et *deux oreillettes*. Toutefois le *sinus* et le *bulbe* n'existent plus; par contre, le ventricule commence à se compliquer un peu plus et est divisé en trois compartiments par deux cloisons à jours *cl* et *cl'*, qui les laissent communiquer librement les uns avec les autres.

La différenciation est même plus accusée encore chez les *Crocodiliens*, où l'on trouve une cloison ventriculaire absolument complète et le cœur possède par suite quatre cavités distinctes comme celui de l'homme (fig. 241);

4° Enfin chez les *Oiseaux* (fig. 242) et chez les *Mammifères*, le cœur, après avoir été tout d'abord un tube contourné en S comme chez les autres *Vertébrés*, se subdivise toujours en deux oreillettes et en deux ventricules

Chez l'homme en particulier, le tube cardiaque primitif s'étrangle d'abord en deux compartiments qui sont une *oreillette* et un *ventricule*. Puis une cloison incomplète sépare l'oreillette en deux compartiments : *oreillette droite* et *oreillette gauche*; l'orifice de la cloison est le *trou de Botal*, qui ne se ferme qu'à la naissance. Le ventricule de son côté se subdivise lui-même en deux autres complètement distincts et qui sont tous les deux en continuité

avec le bulbe aortique. Ce bulbe se continue, comme nous le verrons plus loin, par cinq paires d'arcs aortiques; mais une cloison verticale ne tarde pas à diviser son tronc en deux tubes qui deviennent l'un, l'orifice de l'aorte dans le ventricule gauche; l'autre, l'orifice de l'artère pulmonaire.

§ 2. Développement du système artériel. — L'évolution du système artériel et du système veineux des différents Vertébrés n'est pas moins intéressante à étudier que celle du cœur; elle montre que chez tous, les vaisseaux sanguins présentent la même disposition générale pendant la vie embryonnaire, et que dans la suite du développement de l'animal ses vaisseaux se transforment d'autant plus profondément qu'il occupe une classe plus élevée.

1° Les Poissons possèdent pendant la période embryonnaire et gardent pendant toute leur vie cinq paires de vaisseaux artériels qui sont désignés sous le nom d'*arcs aortiques*; ceux-ci sortent de l'appareil respiratoire qui comprend lui-même autant de paires de branchies (fig. 236 et 459).

Ces paires d'arcs se réunissent ensemble sur la ligne médiane et dorsale; elles forment ainsi l'aorte unique qui va distribuer le sang artériel dans les différentes parties du corps, sans repasser par le cœur (fig. 459).

2° Les *Batraciens* (grenouille), pendant la première période de leur développement, alors qu'ils sont à l'état de *têtard*, possèdent, avons-nous dit, la même organisation générale que les Poissons; ils ont non seulement le même cœur que ces derniers, mais leur aorte est également constituée par cinq paires d'*arcs aortiques* qui se réunissent sur la ligne médiane du corps et dont la première disparaît d'ailleurs de bonne heure.

Mais lorsque dans la suite de leur développement ils prennent des poumons pour respirer dans l'air, les quatre paires restantes se modifient assez profondément. La première paire se transforme pour porter le sang artériel uniquement dans la tête et devient les deux artères carotides.

La seconde paire persiste avec sa disposition originelle et reste sous la forme de deux *crosses*, l'une droite et l'autre gauche, qui en se réunissant sur la ligne médiane forment l'aorte.

Enfin la troisième et la quatrième paire servent uniquement au transport du sang veineux dans les poumons et dans la peau pour qu'il s'y artérialise (artère pulmonaire et artère cutanée).

3° Les *Reptiles* possèdent également pendant la vie embryonnaire cinq paires d'*arcs* pour former leur aorte; mais à la naissance ces arcs se sont déjà profondément transformés et présentent la même disposition que chez les *Batraciens* adultes: leur aorte se montre alors formée de deux *crosses* qui débouchent toutes les deux dans le compartiment médian du ventricule, entre les deux cloisons *cl* et *cl'* (fig. 240): celle qui tourne à droite renferme surtout du sang artériel et l'autre surtout du sang veineux; mais les deux sortes de sang se mélangent naturellement au point de jonction des deux *crosses*, et se répandent ensemble dans les parties abdominales et dans les membres postérieurs (fig. 240).

Les *Crocodiliens* possèdent, avons-nous dit un cœur à quatre cavités distinctes; mais leur aorte n'en est pas moins constituée par deux *crosses* (fig. 241); l'une prend naissance dans le ventricule droit rempli de sang veineux, tourne à gauche et ne renferme elle-même que du sang veineux; l'autre prend naissance dans le ventricule gauche rempli de sang artériel,

tourne à droite et ne renferme elle-même que du sang artériel. Les deux crosses vont se réunir un peu plus bas pour former l'aorte unique, laquelle renferme forcément un mélange des deux sortes de sang.

Cependant les deux crosses, à peine sorties du cœur, communiquent ensemble par un petit canal très court, le *foramen de Panizza*; mais d'après certains auteurs ce canal possède des valvules disposées de telle façon que le sang veineux ne peut pas aller se mélanger avec le sang artériel; c'est le passage inverse qui aurait lieu.

4° Enfin, les *Oiseaux* et les *Mammifères* possèdent également au cours de leur vie embryonnaire cinq paires d'arcs aortiques (1, 2, 3, 4, 5, fig. 233), partant du bulbe (*a*, fig. 233) et formant autour de l'œsophage autant de colliers qui vont se réunir pour constituer une *aorte dorsale* (*a''* fig. 233). Mais à la naissance ces arcs sont bien plus profondément modifiés que chez les Reptiles; les premiers commencent même à disparaître avant que les derniers ne soient complètement développés.

Chez les Mammifères les trois premières paires s'atrophient partiellement et leurs restes constituent les *carotides externes* et les *carotides internes* (*c'* et *c''* fig. 233).

De la quatrième paire, l'*arc aortique gauche* (*a*, fig. 233) seul persiste en entier pour former l'aorte, ce qui explique la courbure de ce vaisseau à gauche chez l'adulte. L'arc de droite de cette quatrième paire rompt ses communications avec l'aorte primitive et devient l'*artère sous-clavière droite* (*s*, fig. 233): celle de gauche se détache ultérieurement de l'aorte.

Enfin de la cinquième paire d'arcs aortiques, l'*arc gauche* seul persiste également et devient l'*artère pulmonaire* (*P*, fig. 233) qui se subdivise en deux branches *p*, une pour chaque poumon.

L'évolution de ces arcs aortiques est la même chez les Oiseaux avec une seule différence importante: c'est que l'aorte définitive est formée seulement par le quatrième *arc de droite* et se trouve par conséquent décrire une crosse à droite chez l'adulte.

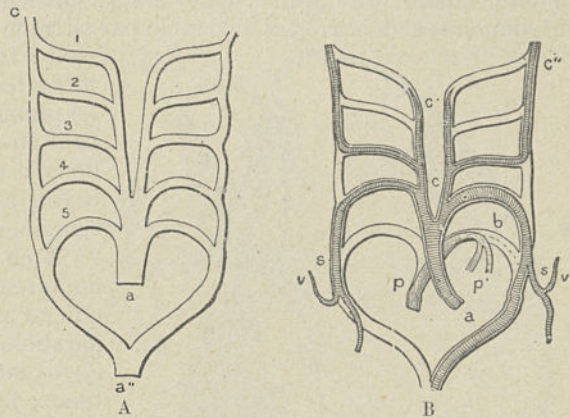


Fig. 233. — Arcs aortiques: A, disposition primitive; B, leur état définitif (d'après RATHKE).

A: 1 à 5, les cinq arcs aortiques. — *a*, bulbe artériel. — *a''*, aorte descendante. — *c*, carotide.

B: *a*, tronc aortique. — *b*, canal artériel. — *c*, carotide primitive. — *c'*, carotide externe. — *c''*, carotide interne. — *P*, artère pulmonaire. — *p*, ses branches. — *s*, artère sous-clavière. — *v*, artère vertébrale.

§ 3. Développement du système veineux (fig. 235). — L'embryon humain possède au début deux veines cardinales antérieures ou veines jugulaires

(*vj* et *vj'*) qui ramènent le sang de la tête dans l'oreillette, et deux veines cardinales postérieures (*c* et *c'*) qui ramènent le sang du tronc et de la partie postérieure du corps. La jugulaire et la cardinale postérieure du même côté débouchent ensemble dans un canal court et large, le canal de Cuvier (*cc*), qui s'ouvre lui-même dans l'oreillette.

A ces quatre veines qui appartiennent en propre à l'embryon, il faut en ajouter quatre autres qui lui apportent les éléments nutritifs des annexes embryonnaires et débouchent ensemble par un tronc médian dans l'oreillette. Ce

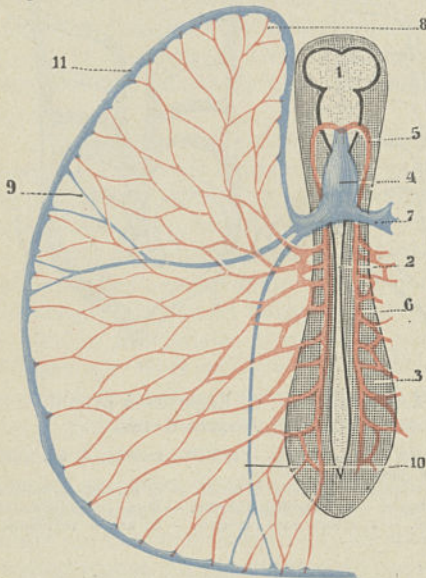


Fig. 234. — Aire vasculaire de l'embryon du poulet (schématique) (d'après L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, vésicule cérébrale antérieure. — 2, moelle. — 3, corps de l'embryon. — 4, cœur. — 5, arc aortique. — 6, aorte primitive. — 7, veine omphalo-mésentérique. — 8, veine vitelline antérieure. — 9, veine vitelline latérale. — 10, veine vitelline postérieure. — 11, sinus terminal.

sont : 1° les deux veines omphalo-mésentériques (*od* et *og*), apparues les premières de toutes, et qui ramènent au cœur les éléments nutritifs de la vésicule ombilicale, dont l'embryon se nourrit pendant quatre semaines environ.

A ce moment l'aorte primitive comprend deux crosses (5, fig. 234) qui se continuent en arrière (6) parallèlement à la corde dorsale en envoyant de nombreuses ramifications; le sang revient ensuite au cœur par les deux veines vitellines ou omphalo-mésentériques (7) formées chacune par la réunion d'une veine vitelline antérieure, latérale et postérieure (8, 9, 10, fig. 234).

2° Les deux veines allantoïdiennes (*ad* et *ag*) ou veines ombilicales qui viennent du placenta développé ultérieurement, et par lesquelles le sang maternel passe dans l'embryon.

Tandis que les jugulaires et les deux cardinales postérieures persistent chez les Poissons, ce système veineux primitif subit de profondes modifications chez les autres Vertébrés. Ces transformations sont les suivantes chez l'homme :

La veine jugulaire gauche (*vj'*) s'atrophie dans son cours moyen; sa partie supérieure restante va communiquer par une anastomose transversale (*n*) avec la jugulaire droite, et le nouveau tronc qui en résulte constitue la veine cave supérieure (*ves*), dans laquelle viendront déboucher les veines sous-clavières des bras (*cl* et *cl'*). Quant à la partie basilaire de la veine jugulaire gauche qui s'ouvrait primitivement dans le canal de Cuvier, elle persiste et devient la veine coronaire (*co*).

Mais ce sont les veines de la partie postérieure du corps qui se modifient le plus profondément. Les deux cardinales postérieures (*cc'*) sont remplacées rapidement par deux veines vertébrales, *vt* et *vt'*; puis la partie moyenne de ces dernières s'atrophie. Ce qui persiste de celle de droite, en avant, devient la veine azygos (*az*), qui se trouve par conséquent déboucher dans la veine cave supérieure; la vertébrale de gauche s'atrophie plus profondément, et

ce qui reste devient la *demi-azygos* ($1/2 az$) qu'une anastomose transversale fait déboucher dans la veine azygos opposée, qui ramène ainsi le sang des parois du tronc.

D'autre part la veine *omphalo-mésentérique droite* (*od*) tout d'abord, puis plus tard la *veine ombilicale droite* (*ad*) s'atrophient. Sur le tronc commun (*tr*) des deux veines restantes à gauche, l'intestin pousse des diverticules qui deviennent le foie (*F*) et qui englobent complètement une partie de ce tronc veineux, laquelle est désignée sous le nom de *canal d'Arantius* (*Ca*). Les *veines mésentériques* (*vm*) se développent à leur tour sur les parois intesti-

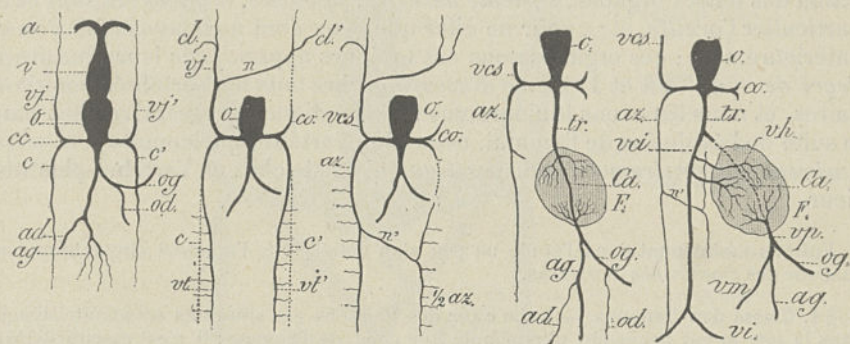


Fig. 235. — Représentation schématique du système veineux chez l'homme avec les stades successifs du développement.

o, oreillette. — *v*, ventricule. — *a*, première paire d'arcs aortiques. — *og* et *od*, veines omphalo-mésentériques gauche et droite. — *og* et *ad*, veines allantoïdiennes gauche et droite. — *vci*, veine cave inférieure. — *c*, *c'* veine cardinale inférieure. — *az*, grande azygos. — $1/2 az$, petite azygos. — *vi*, veine iliaque. — *vcs*, veine cave supérieure. — *cc*, canal de Cuvier. — *vj* et *vj'*, veine jugulaire externe. — *cl* et *cl'*, veine sous-clavière. — *vcs*, veine cave supérieure. — *co*, veine coronaire. — *Ca*, canal veineux d'Arantius. — *vh*, veines hépatiques efférentes ou sus-hépatiques. — *vp*, veine porte.

nales et le tronc qu'elles forment en se réunissant va se fusionner avec la veine omphalo-mésentérique (*og*) et la veine allantoïdienne restantes (*ag*) un peu avant leur débouché dans le foie; la réunion de ces trois veines constitue la *veine porte* (*vp*).

Enfin le tronc veineux qui sort du foie et qui est le prolongement du canal d'Arantius, envoie à son tour un prolongement qui prend de plus en plus d'importance et devient la *veine cave inférieure* (*vci*) dans laquelle arrive le sang des membres inférieurs et des reins. Les veines sus-hépatiques (*vh*) formées dans le foie vont se déverser dans la veine cave inférieure, tandis que le canal d'Arantius perd de plus en plus d'importance et est réduit, au moment de la naissance, à un cordon plein que l'on appelle le *ligament rond*. La veine ombilicale gauche fonctionne pendant toute la vie embryonnaire, puisque c'est elle qui ramène le sang du placenta jusqu'au cœur en passant par le foie et la veine cave inférieure. A la naissance son rôle est terminé et elle s'oblitére à partir de ce moment; la partie caudale de l'ombilicale droite devient une veine épigastrique.

Les Poissons gardent pendant toute leur vie les deux veines jugulaires et les deux cardinales postérieures; il ne peut pas être question chez eux de veines ombilicales, puisqu'ils manquent de placenta; ils ne prennent pas non plus de veine cave inférieure et leur veine sus-hépatique va déboucher directement dans le sinus veineux qui précède l'oreillette.

Mais chez tous les autres Vertébrés, le système veineux subit dans ses grandes lignes les mêmes transformations que chez l'homme.

§ 4. Conclusion. — L'évolution du système circulatoire chez les Vertébrés est un des arguments les plus importants en faveur de la théorie du *transformisme*. Elle montre à l'évidence que les Vertébrés supérieurs passent *momentanément* et plus ou moins rapidement, pendant leur vie embryonnaire, par les états *persistants* qui s'observent chez les Vertébrés inférieurs.

Cette théorie tire encore sa force, dans le même ordre d'idées, de l'évolution des autres organes, *système nerveux, squelette, organes des sens* et en particulier l'*oreille*, etc., pour ne citer que ceux dont nous avons fait l'étude antérieurement; ces organes nous ont toujours apparu avec leur *plus grand degré de simplicité* et la *même disposition* chez tous les Vertébrés embryonnaires, et nous les avons toujours vus se compliquer progressivement dans la suite de l'évolution de l'animal, ceux d'un Vertébré quelconque *présentant toujours temporairement la disposition* qui existe chez un Vertébré plus inférieur.

Entrons maintenant dans l'étude un peu plus détaillée de l'appareil circulatoire dans chacune des classes des Vertébrés.

§ 1. Classe des Poissons. — I. Le cœur des Poissons est situé très en avant, presque dans la tête et est beaucoup plus simple que celui de l'homme; il n'est essentiellement composé que d'une *oreillette* et d'un *ventricule* qui sont intercalés sur le trajet du sang veineux et qui correspondent par conséquent à la moitié droite du nôtre. Il faut ajouter toutefois que l'oreillette est précédée d'une autre poche appelée le *sinus veineux*, et que le ventricule se continue par un compartiment de forme conique, le *bulbe artériel*; ce qui fait que le cœur est composé en réalité de quatre compartiments, qui sont placés à peu près en file les uns derrière les autres (fig. 236 et 459).

Chez les *Téléostéens* (Poissons osseux, tels que la perche, la carpe, etc.) le bulbe possède des parois minces, non contractiles et est muni à son orifice dans le ventricule de deux valvules qui s'opposent au retour du sang en arrière.

Chez les *Sélaciens* (Requin, Raie, etc.), les *Ganoïdes* (Esturgeon) et les *Dipneustés* (Cératodus) le bulbe est au contraire épais et contractile comme le ventricule, avec plusieurs files longitudinales de valvules semi-lunaires dans sa cavité.

II. Le *système veineux*, également beaucoup plus simple que celui des Vertébrés supérieurs, se compose de quatre troncs principaux qui ramènent le sang dans le cœur à savoir (fig. 236) :

Deux *veines jugulaires* qui viennent des parties antérieures du corps et principalement de la tête;

Deux *veines cardinales* qui ramènent le sang de la partie postérieure et des viscères. Seulement la jugulaire et la cardinale d'un même côté se fusionnent au voisinage du cœur et forment un conduit plus important, le *canal de Cuvier*, qui débouche ensuite dans le sinus veineux. C'est la disposition qui existe temporairement chez les autres Vertébrés.

De plus, les Poissons possèdent un système de *veine porte hépatique* et un système de *veine porte rénale* :

1° Le sang qui a circulé dans les parois de l'estomac et de l'intestin est emporté dans le foie, comme chez nous, par la *veine porte*; il en sort par la *veine hépatique*, qui présente la particularité d'aller se jeter directement dans le sinus veineux, les veines caves n'existant pas chez les Poissons;

2° La *veine caudale* qui ramène le sang de la partie postérieure du corps se divise en deux branches qui vont se résoudre chacune en un réseau de capillaires dans le rein correspondant; de ce dernier il sort ensuite une veine cardinale qui va se réunir, comme nous l'avons déjà dit, avec la veine jugulaire du même côté.

III. Le sang est amené dans le sinus veineux par les quatre troncs veineux précités. franchit successivement les autres compartiments du cœur et s'engage dans l'*artère branchiale*, a, qui est pour ainsi dire la continuation du bulbe, pour se rendre dans l'appareil

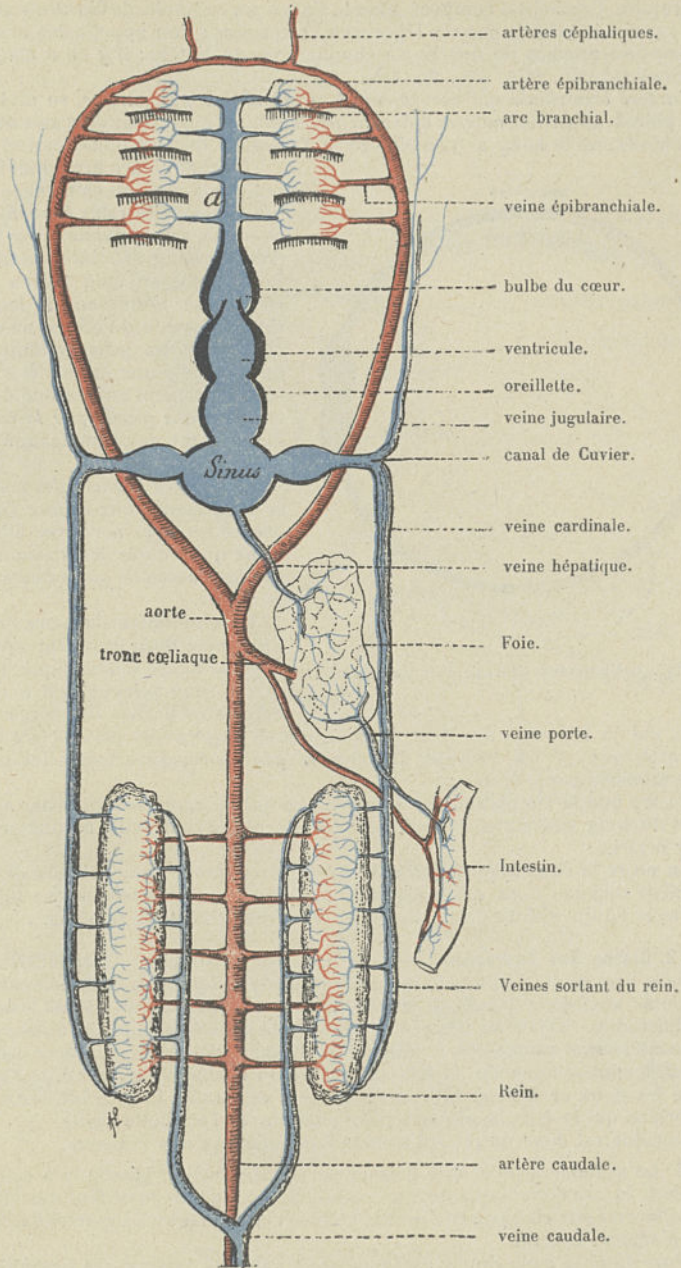


Fig. 236. — Schéma montrant l'appareil circulatoire des Poissons¹.

¹ Les quatre paires de *veines épibranchiales* se réunissent en réalité en un seul tronc sur la ligne médiane pour former l'aorte et ne constituent pas deux crosses latérales comme l'indique la figure 236; la figure 459 montre leur disposition véritable.

respiratoire. Celui-ci est composé, chez la Carpe par exemple, de filaments charnus et rouges fixés sur des bâtonnets osseux légèrement arqués que l'on appelle des *arcs branchiaux*, et qui sont au nombre de quatre de chaque côté de la tête; il y en a cinq paires chez les Sélaciens (squala, raie, etc., fig. 459).

L'*artère branchiale* qui correspond à notre *artère pulmonaire*, se divise en quatre ou cinq paires de petites *artères épibranchiales* qui se répandent chacune dans l'un des arcs branchiaux, où le sang se combine avec l'oxygène dissous dans l'eau et devient artériel.

De chaque arc branchial il sort ensuite un petit vaisseau qui emmène le sang artériel et qui s'appelle la *veine branchiale* par analogie avec nos *veines pulmonaires* qui ramènent au cœur le sang artérialisé dans les poumons. Les quatre ou cinq paires de *veines branchiales* se réunissent à leur tour dans la région dorsale du corps, au-dessus du cœur, et forment un gros conduit artériel, l'*aorte*, qui s'étend d'une extrémité à l'autre du corps, immédiatement au-dessous de la colonne vertébrale, sans passer par le cœur; elle envoie directement des ramifications aux différents organes (fig. 459).

Les *veines branchiales* à sang artériel qui se réunissent pour former l'*aorte* s'appellent encore les *arcs aortiques* et l'on dit couramment que l'*aorte des Poissons* est constituée par la réunion de quatre ou cinq paires d'*arcs aortiques*.

La circulation du sang chez les Poissons se résume de la façon suivante ainsi que l'indique la figure schématique ci-jointe (fig. 237).

Le sang veineux qui a circulé dans les différentes parties du corps revient dans le

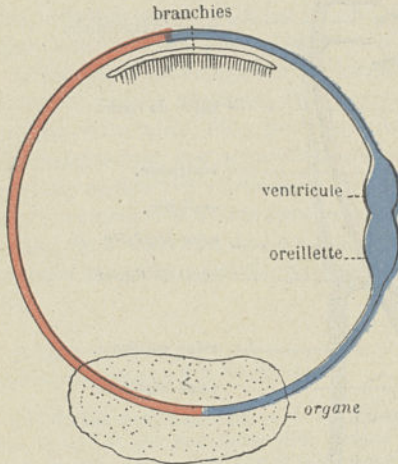


Fig. 237. — Circulation générale chez les Poissons.

cœur, qui le chasse à son tour dans l'appareil respiratoire par l'*artère branchiale*. Une fois artérialisé, il est renvoyé directement par l'*aorte* dans toutes les parties du corps sans repasser par le cœur.

On dit que la circulation est *simple* parce que le cœur est intercalé seulement sur le trajet du sang veineux et qu'il n'existe pas de poche contractile cardiaque sur le trajet du sang artériel.

En outre la circulation est dite *complète* parce que le sang veineux et le sang artériel circulent toujours dans des vaisseaux parfaitement distincts et ne se mélangent jamais l'un avec l'autre comme cela a lieu chez les Batraciens et les Reptiles.

§ 2. Classe des Batraciens. — I. Le cœur des Batraciens (grenouilles, crapauds, etc.) rappelle beaucoup celui des Poissons et possède les quatre mêmes compartiments que ces derniers; seulement l'oreillette est subdivisée en deux autres complètement distinctes et les différentes cavités au lieu d'être placées les unes à la suite des autres comme chez les Poissons se sont ramassées et forment un organe globuleux: les deux oreillettes *od* et *og* (fig. 238) sont placées sur la face antérieure du *ventricule unique v*; le *bulbe b* se trouve entre les deux oreillettes, et le *sinus veineux* est situé à la face inférieure du cœur, avec un orifice qui le fait communiquer seulement avec l'oreillette droite.

Ce cœur est donc un peu plus compliqué que celui des Poissons.

II. Le système artériel des Batraciens est absolument identique à celui des Poissons pendant la première partie de leur évolution, alors qu'ils possèdent des branchies: l'*aorte* y est formée par cinq paires d'*arcs aortiques* venant des arcs branchiaux, dont l'une disparaît d'ailleurs très tôt.

Mais dans la suite du développement de l'animal, lorsque ses branchies sont remplacées par deux poumons, les quatre paires d'*arcs aortiques* subissent quelques modifications en rapport avec celles de l'appareil respiratoire:

La 1^{re} paire au lieu de continuer à s'ouvrir dans l'*aorte* envoie ses extrémités dans la tête et forme ainsi les deux *artères carotides*.

La 2^e paire *a* et *a'* persiste avec sa disposition primitive et forme à elle seule l'*aorte*;

La 3^e et la 4^e arc de chaque côté se fusionnent à leur naissance près du bulbe et devien-

nent l'artère pulmonaire et l'artère cutanée chargées d'emmener le sang veineux aux poumons et à la peau : l'artère cutanée va former un très riche réseau sous la peau de l'animal : comme celle-ci est mince, elle joue le rôle d'une véritable membrane respiratoire et le sang veineux qui y est amené s'y artériatise comme celui des poumons.

première paire d'arcs

seconde paire : a et a'

3^e et 4^e
paires

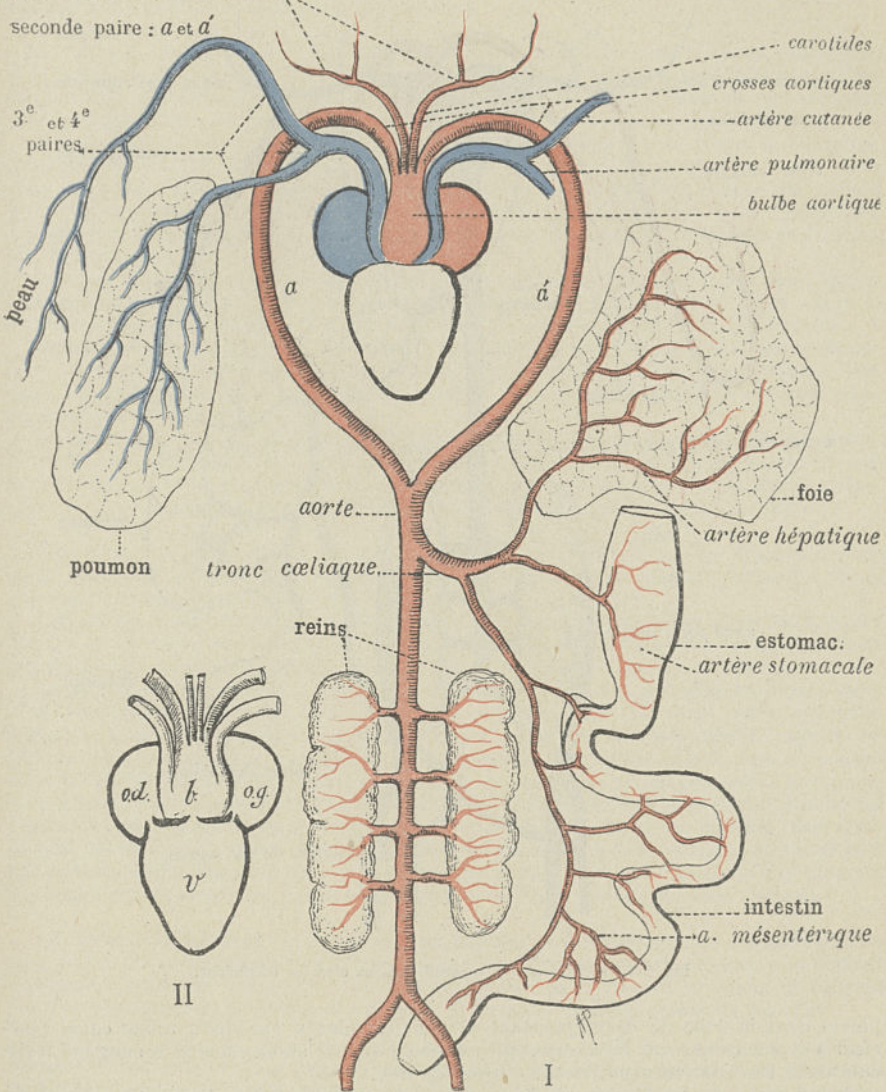


Fig. 238. — Appareil circulatoire des Batraciens.

I, Schéma du système artériel. — a et a', les deux crosses de l'aorte. — II, le cœur. — v, ventricule. — o, d, et o, g., les deux oreillettes. — b, le bulbe avec les trois paires de vaisseaux qui en partent.

Les deux arcs aortiques a et a', pour former l'aorte, se réunissent au voisinage du cœur après avoir décrit chacun une grande courbe autour de l'œsophage, ce qui les fait encore qualifier de crosses aortiques. L'aorte envoie ensuite, presque à sa naissance, le tronc cœliaque qui se subdivise en artère intestinale, artère hépatique et artère splénique. Un peu

plus bas, elle envoie quatre paires d'artères rénales dans les reins, qui ont une forme allongée; et enfin, à l'extrémité de la colonne vertébrale, elle se subdivise en deux artères iliaques qui se rendent chacune dans l'une des pattes postérieures.

III. Le système veineux, pendant la vie embryonnaire, est composé de deux jugulaires et de deux cardinales comme celui des Poissons. Mais ces quatre troncs veineux s'atro-

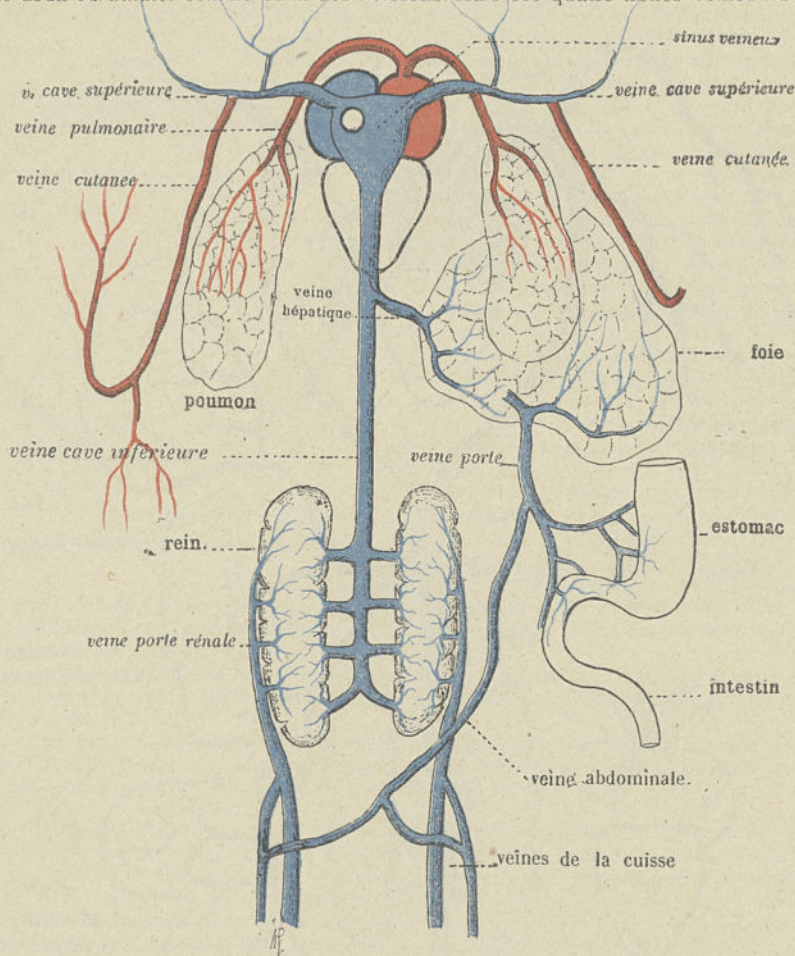


Fig. 239. — Schéma de l'appareil veineux chez les Batraciens.

phient dans la suite du développement et sont remplacés par deux *veines caves supérieures* et une *veine cave inférieure*, qui ramènent dans le sinus veineux le sang qui a circulé dans les différentes parties du corps (fig. 239).

Les deux systèmes de *veine porte rénale* et de *veine porte hépatique* existent comme chez les Poissons :

1° Les deux *veines iliaques* qui viennent des pattes postérieures forment un réseau dans le rein correspondant, et de chaque rein il sort ensuite quatre veines rénales qui se déversent dans la veine cave inférieure ;

2° Le système de la *veine porte hépatique* ressemble à celui des Poissons et des autres Vertébrés ; seulement la *veine hépatique* qui sort du foie va se déverser dans la veine cave inférieure et non pas directement dans le sinus veineux.

Autre particularité : une grande partie du sang qui a circulé dans les membres posté-

rieurs *va traverser le foie* avant de se rendre au cœur, tout comme celui de l'intestin et de l'estomac ; il y est conduit par la *veine abdominale* impaire qui part des iliaques et suit la paroi abdominale pour aller se déverser ensuite dans la veine porte.

Enfin ajoutons que le sang qui s'est artérialisé dans les poumons revient dans l'oreillette gauche par les *veines pulmonaires*, et que celui qui s'est artérialisé sous la peau est ramené par les *veines cutanées* qui débouchent dans les veines sous-clavières, où il se mélange par conséquent avec du sang veineux.

En résumé, l'appareil circulatoire des Batraciens se présente sous deux états successifs :

1° Quand ils sont à l'état de têtards et qu'ils respirent à l'aide de branchies comme les Poissons, ils ont un système circulatoire absolument identique à celui de ces derniers animaux ; leur aorte, en particulier, est formée par la réunion de cinq paires d'arcs ;

2° Parvenue à l'état adulte, la grenouille, par exemple, possède un cœur à trois cavités, deux oreillettes et un ventricule, accompagnés d'un *sinus veineux* et d'un *bulbe* ; son aorte n'est plus formée que par une paire d'arcs, c'est-à-dire par deux crosses qui partent du bulbe, et il existe trois veines caves qui se sont substituées aux veines jugulaires et cardinales de la première phase. La circulation chez ces animaux se résume de la façon suivante (fig. 241, A) :

Le sang veineux revient des différentes parties du corps par *trois veines caves* qui le déversent dans le sinus veineux et de là dans l'oreillette droite. Puis il passe dans le ventricule unique, qui le chasse à son tour dans les poumons par l'*artère pulmonaire*.

Le sang artériel revient ensuite des poumons par les *veines pulmonaires* qui le déversent dans l'oreillette gauche, puis de là dans le ventricule unique, où il se mélange, bien qu'en très faible proportion, avec le sang veineux. Le ventricule l'envoie à son tour dans les carotides et dans l'aorte.

Le mélange même partiel des deux sortes de sang fait dire que la circulation est *incomplète* chez les Batraciens ; on dit encore qu'elle est *double* parce que le sang artériel revient au cœur avant de se répandre dans le corps et qu'il décrit pour ainsi dire deux cercles, celui de la circulation pulmonaire et celui de la circulation générale dans le corps.

Explication de la circulation. — Il semble au premier abord que les deux sortes de sang, veineux et artériel, doivent forcément se mélanger d'une manière complète. Or le mélange n'est que très imparfait et ceci demande une explication :

D'abord les contractions des deux oreillettes ne sont pas tout à fait synchroniques, ce qui fait que le contenu veineux de l'oreillette droite et le contenu artériel de l'oreillette gauche n'arrivent pas simultanément — au moins en totalité — dans le ventricule.

En second lieu, la systole ventriculaire ne s'effectue pas non plus simultanément dans toute l'étendue du ventricule : la contraction commence du côté droit, alors que cette région ne renferme guère que du sang veineux venu de l'oreillette droite, laquelle se contracte un peu avant la gauche ; et ce sang veineux est lancé à peu près en totalité dans les *artères pulmonaires*, parce que la pression sanguine est un peu moins forte dans les poumons que dans le tronc de l'aorte. Puis la contraction atteint la partie gauche du ventricule, dans laquelle vient d'arriver le sang artériel de l'oreillette gauche, contractée un peu après celle de droite. Ce sang artériel est alors lancé dans le bulbe et s'engage à peu près en totalité dans les *carotides* et les deux *crosses de l'aorte*, parce qu'à ce moment les troncs des deux artères pulmonaires sont eux-mêmes remplis de sang veineux.

§ 3. Classe des Reptiles. — L'embryon des Reptiles possède comme les Poissons adultes cinq paires d'arcs aortiques ; mais dans la suite du développement, ces arcs se modifient rapidement, en même temps que le cœur se complique, parce que ces animaux ne passent pas par une phase de *branchies* et éclosent directement avec des poumons (fig. 240).

I. A l'état adulte, le cœur comprend deux oreillettes et deux ventricules ; ces deux derniers, il est vrai, ne sont séparés que par deux cloisons incomplètes *cl* et *cl'* (cloison de Sabatier) qui les laissent communiquer l'un avec l'autre et permet le mélange, au moins partiel, des deux sortes de sang comme cela a lieu chez les Batraciens. Il n'existe plus ni *sinus veineux* ni *bulbe*.

Chez les *Crocodyliens*, la cloison ventriculaire est complète et le cœur est à quatre cavités distinctes comme chez l'homme (fig. 241).

II. Les cinq paires d'arcs aortiques primitifs évoluent de la façon suivante : les deux premières paires s'atrophient ; la 3^e devient les deux *carotides* ; la 4^e paire conserve sa disposition primitive et ses deux branches se réunissent dans la région dorsale pour for-

mer l'aorte en entourant l'œsophage; enfin la 5^e paire devient l'artère pulmonaire qui se divise en deux branches, une pour chaque poumon.

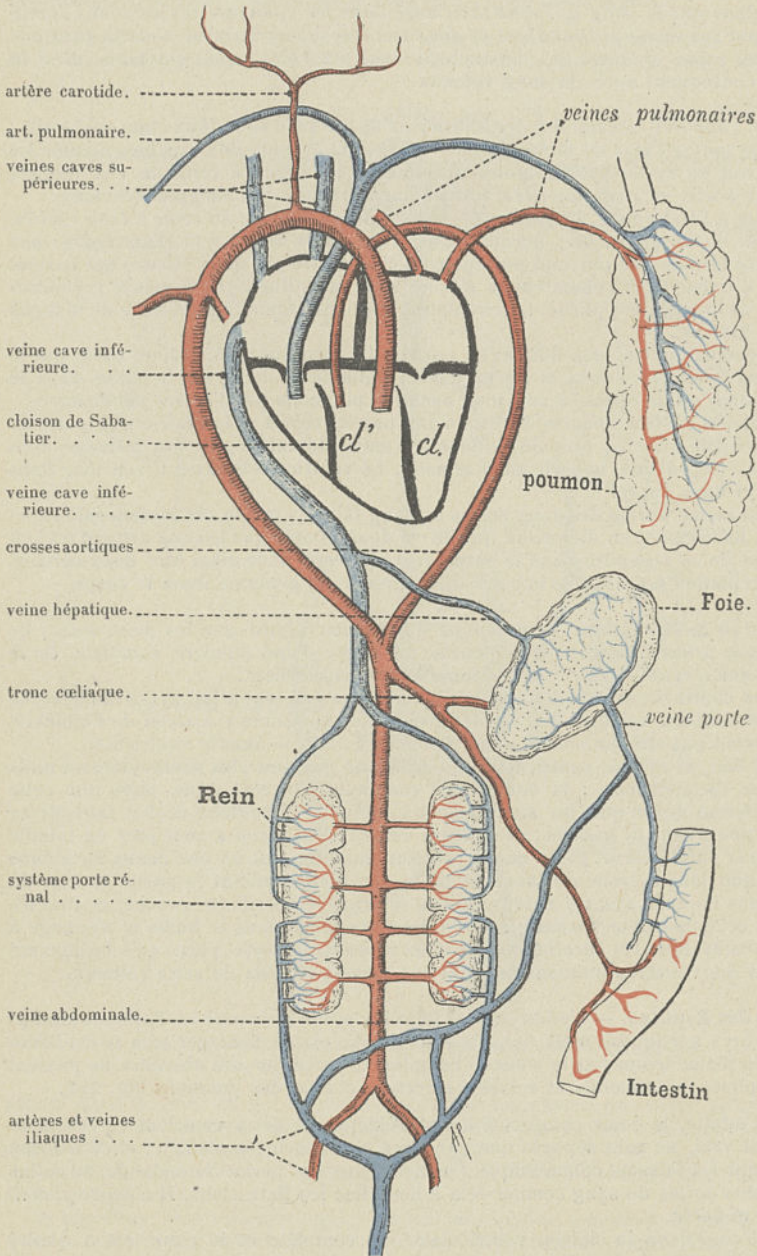


Fig. 240. — Schéma de l'appareil circulatoire chez les Reptiles.

Cette disposition rappelle d'assez près celle des Batraciens. Toutefois il y a lieu de noter quelques différences qui tiennent à l'absence du bulbe :

1° L'*artère pulmonaire* à gros calibre prend naissance dans le ventricule droit et se divise en deux branches allant chacune dans un poumon ;

2° Des deux croses de l'aorte, l'une prend naissance dans la partie gauche et tourne à droite, remplie à peu près exclusivement de sang artériel ; elle envoie elle-même une carotide à deux branches dans la tête et les deux sous-clavières dans les membres antérieurs.

La seconde crosse prend naissance dans le ventricule droit, tourne à gauche et renferme à peu près exclusivement du sang veineux. Elle se réunit dans la région dorsale avec la crosse opposée pour former l'*aorte* ; celle-ci renferme ainsi un mélange des deux sortes de sang et envoie presque aussitôt le *tronc cœliaque* qui se ramifie dans l'intestin, l'estomac et le foie ; puis les *artères rénales* et les *artères iliaques*.

Ajoutons que la crosse veineuse qui tourne à gauche est à son origine séparée de l'orifice de l'*artère pulmonaire* par la *cloison incomplète de Sabatier cl'*.

III. Le système veineux présente la même disposition générale que celui des Batraciens, avec cette différence secondaire que le *sinus veineux* étant absent, le sang veineux débouche directement dans l'oreille droite.

On trouve donc : 1° deux *veines caves supérieures* et une *veine cave inférieure* qui ramènent dans l'oreille droite le sang veineux des différentes parties du corps ; 2° un *système porte hépatique* et un *système porte rénal* ; 3° une *veine abdominale* qui relie les veines iliaques à la veine porte et détourne ainsi dans le foie une partie du sang qui a circulé dans les membres postérieurs.

Explication de la circulation. — Le sang veineux revient dans l'oreillette droite par les trois veines caves ; de là il passe dans la partie droite du ventricule qui l'envoie à son tour dans les poumons par l'*artère pulmonaire*. Une fois artérialisé, le sang est conduit par les *veines pulmonaires* dans l'oreillette gauche qui le déverse dans la partie gauche du ventricule où il se mélange, bien qu'en très faible proportion, avec le sang veineux de l'autre moitié du ventricule.

La circulation est donc ici encore *incomplète* à cause de ce mélange partiel des deux sortes de sang. Elle est *double* parce que le sang artériel retourne dans le cœur avant de se distribuer dans les différentes parties du corps.

Le mélange des deux sortes de sang dans les ventricules ne serait que très faible chez les Reptiles, bien que les cloisons de séparation soient incomplètes. Les deux moitiés du ventricule ne se contracteraient que l'une après l'autre, du moins chez la tortue que nous prendrons comme exemple. La moitié droite commence à se contracter la première alors qu'elle est pleine de sang veineux qui lui est arrivé de l'oreillette droite, et elle chasse ce sang à peu près en totalité dans l'*artère pulmonaire* parce que l'orifice de cette dernière est très large, ses valves très minces et que la pression sanguine dans les poumons est un peu inférieure à ce qu'elle est dans les autres parties du corps.

Puis la contraction se continuant, elle se produit dans la moitié gauche du ventricule qui, à ce moment, est plein de sang artériel que vient de lui envoyer l'oreillette gauche. Ce sang ainsi pressé passe dans l'intervalle *cl'*, en passant par la cloison incomplète *cl*, et fait incliner à droite la cloison de Sabatier *cl'*, qui masque ainsi l'orifice de l'*artère pulmonaire*. Il ne trouve donc plus devant lui que les deux croses de l'aorte dans lesquelles il puisse s'engager, et il pénètre principalement dans celle de droite dont l'orifice est beaucoup plus large que l'autre et dont les ramifications se rendent à la tête et aux membres antérieurs.

Grâce à ce mécanisme, le mélange des deux sortes de sang serait donc nul ou tout au moins très faible dans les deux croses de l'aorte.

Crocodyliens. — Chez ces Reptiles, la cloison de Sabatier n'existe pas et la cloison ordinaire des ventricules est complète, ce qui fait qu'il existe un ventricule droit et un ventricule gauche parfaitement distincts comme chez l'homme, l'un avec du sang veineux, l'autre avec du sang artériel (B, fig. 241).

Toutefois l'aorte continue à être formée par deux croses : l'une prend naissance dans le ventricule droit en même temps que l'*artère pulmonaire*, tourne à gauche et ne renferme que du sang veineux ; l'autre prend naissance dans le ventricule gauche, tourne à droite et ne renferme que du sang artériel. Mais il est à noter que l'*artère pulmonaire* reçoit presque la totalité du sang veineux renfermé dans le ventricule droit, parce que son calibre est beaucoup plus fort que celui de la crosse aortique veineuse. Le peu qui passe dans cette dernière va naturellement se mélanger avec le sang artériel de l'autre crosse à leur point de jonction, de sorte que, comme chez les autres Reptiles, la tête et les membres

antérieurs reçoivent du sang artériel, tandis que les viscères et les membres postérieurs reçoivent un mélange de deux sortes de sang.

Cependant il faut signaler un petit canal de communication qui existe entre les deux croses, très près de leur orifice dans les ventricules, et que l'on appelle le *foramen de Panizza* (fig. 241). La façon dont se comporte cette communication n'est pas nettement établie : certains auteurs prétendent que pendant les systoles les valvules qui garnissent l'orifice de chaque crosse se redressent contre les ouvertures du canal de Panizza et empêchent ainsi le mélange du sang. D'autres disent que la disposition de ces valvules est telle que

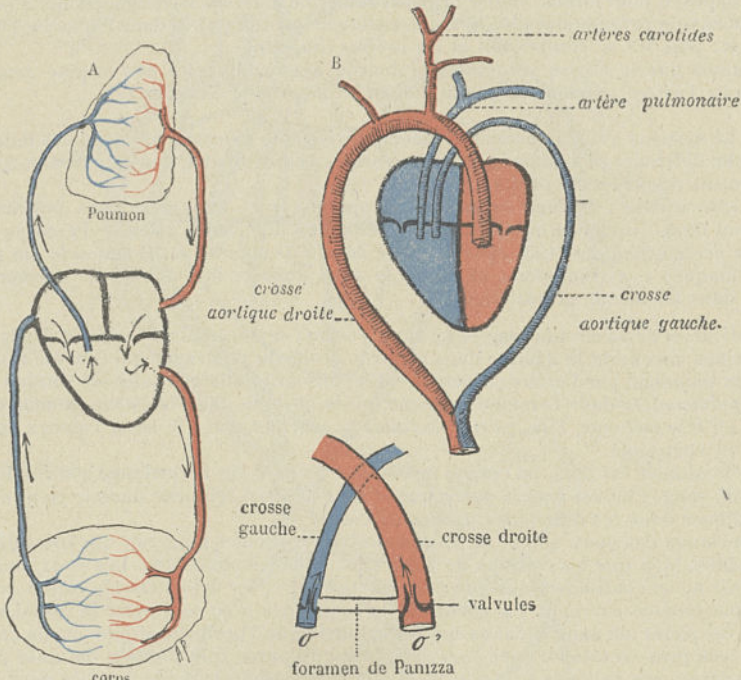


Fig. 241.

A droite, cœur et vaisseaux des Crocodiliens. A gauche, schéma de la circulation chez les Batraciens et les Reptiles.

le sang artériel de la crosse droite peut seul passer dans la crosse gauche et s'y mélanger avec le sang veineux de cette dernière, de telle sorte que le contenu de la crosse artérielle resterait toujours absolument pur.

§ 4. Oiseaux et Mammifères. — Ces animaux possèdent un appareil circulatoire qui a la même disposition générale que celui de l'homme : même cœur à quatre cavités, mêmes artères et mêmes veines.

Nous noterons seulement que l'aorte des Oiseaux est formée par une seule crosse qui tourne à droite et qui correspond par conséquent à la crosse droite des Reptiles. Celle des Mammifères est également formée d'une seule crosse, mais elle tourne toujours à gauche comme chez l'homme.

Mais il est très important de constater que pendant la vie embryonnaire l'aorte est constituée chez tous ces animaux par cinq paires d'arcs et qu'elle ressemble alors à celle des Poissons adultes et de tous les autres Vertébrés embryonnaires. Mais ces arcs subissent dans la suite des modifications plus profondes encore que chez les Reptiles :

Les deux premières paires s'atrophient ; la 3^e devient les artères carotides ; le 4^e arc de droite persiste et devient l'aorte de l'Oiseau adulte ; chez les Mammifères, c'est au contraire le 4^e arc de gauche qui reste seul pour former l'aorte ; enfin la 5^e paire devient l'artère pulmonaire (fig. 233).

Le cœur n'est également à l'origine qu'un simple renflement contourné en S, situé sur

le trajet d'un vaisseau et qui se subdivise dans la suite en quatre compartiments.

L'appareil circulatoire des Oiseaux présente quelques autres particularités :

La paroi du ventricule gauche *vg* est très saillante dans la cavité du ventricule droit *vd* ainsi que le montre la coupe transversale (fig. 242). Ce dernier a par suite une section en forme de croissant, tandis que le gauche présente une section circulaire et des parois beaucoup plus épaisses.

La valvule tricuspide est une simple lame musculaire qui se relève comme un clapet et vient buter contre la paroi ventriculaire.

Il existe chez eux deux *trons brachio-céphaliques artériels* et deux *artères épigastriques*

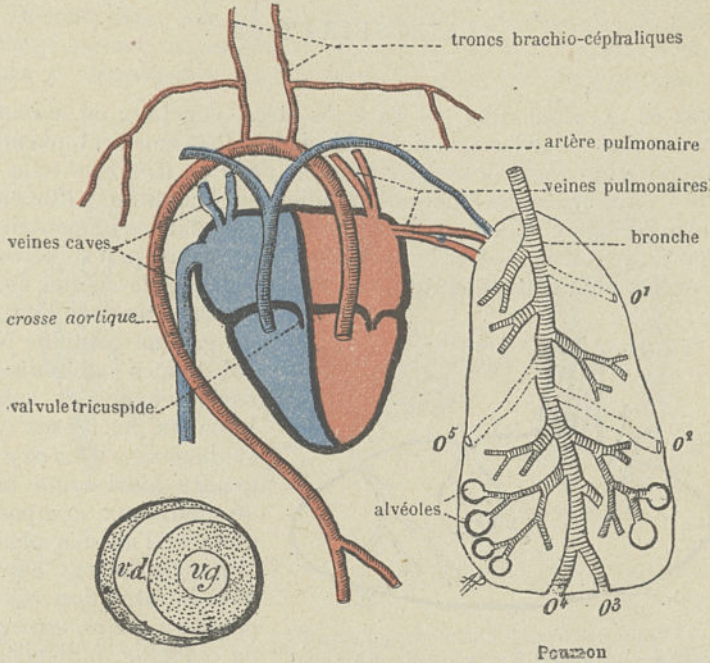


Fig. 242. — Appareil circulatoire et poumon des Oiseaux.

A gauche, coupe transversale du cœur. — *vd*, ventricule droit. — *vg*, ventricule gauche. — O1...O5, orifices des bronches dans les sacs aériens.

très riches qui réchauffent suffisamment la région abdominale pour permettre l'incubation des œufs.

L'appareil veineux ressemble à celui de l'homme ; notons seulement la présence de deux veines caves supérieures comme chez les Reptiles ; le système de la veine porte rénale existe également, mais beaucoup moins développé que chez les Poissons et les Reptiles.

Les Mammifères aquatiques tels que les Loutres, les Hippopotames, les Cétacés (*baleine, dauphin, etc.*), et les Amphibiens (*phoque, morse*) possèdent sur certaines de leurs veines des renflements ou sinus dans lesquels le sang s'accumule avant de retourner au cœur et aux poumons ; c'est ce qui permet à ces animaux de suspendre leur respiration et de rester sous l'eau des intervalles parfois assez longs.

Le Dugong, mammifère marin de l'ordre des Cétacés, possède un cœur à deux pointes, ornées par les deux ventricules qui ne se sont soudés l'un à l'autre que par leur base élargie au voisinage des oreillettes.

CHAPITRE VI

LA RESPIRATION

NATURE DE LA RESPIRATION. — Tous les êtres, végétaux ou animaux, ont besoin d'oxygène pour les réactions chimiques dont leur protoplasme est le siège; *ils puisent ce gaz dans l'air ou dans l'eau où ils vivent* et la matière vivante se trouve être ainsi fonction du milieu qui l'environne. Elle emprunte à chaque instant à ce milieu non seulement les substances alimentaires ordinaires qui servent à régénérer le protoplasme à mesure qu'il se détruit, mais encore un des éléments constitutifs de l'atmosphère elle-même, l'*oxygène*.

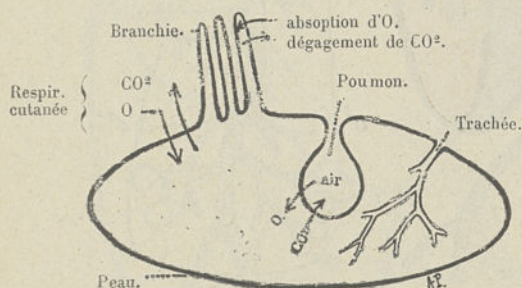


Fig. 243. — Contour schématique du corps d'un animal montrant la disposition générale des appareils respiratoires.

Une fois dans l'organisme, ce gaz se combine avec les substances albuminoïdes et surtout avec les substances ternaires des tissus (graisses et glucoses); il les oxyde et engendre ainsi toute une série de nouveaux composés chimiques; l'un des plus importants est le *gaz carbonique* dont la formation est accompagnée d'une certaine quantité de *chaleur* indispensable à l'entretien de la température du corps et à la production de l'énergie qui engendre les mouvements. Mais le *gaz carbonique* doit s'échapper de l'organisme à mesure qu'il s'y forme, car les éléments vivants ne sont pas faits pour évoluer dans un milieu de CO_2 et sont rapidement tués au contact de ce gaz.

Il se produit par suite chez les êtres vivants un double échange gazeux avec le milieu extérieur; ils y puisent à chaque instant de l'oxygène et y dégagent leur résidu de gaz carbonique. C'est ce qu'on appelle la *respiration*. Ce phénomène se définit donc : *c'est la fonction par laquelle les êtres vivants absorbent de l'oxygène dans le milieu où ils vivent, air ou eau, et dégagent du gaz carbonique.*

La plupart des animaux possèdent des organes spéciaux qui forment ce que l'on appelle l'*appareil respiratoire*, et qui ont pour fonction particulière de puiser d'une part l'oxygène extérieur pour le faire passer dans les tissus vivants, et d'autre part de rejeter au dehors le gaz carbonique qui s'est formé dans ces mêmes tissus. La disposition de cet appareil est extrêmement variable, et l'on distingue *quatre modes de respiration*, dépendant essentiellement du milieu dans lequel vit l'animal (fig. 243) :

1° Chez les animaux inférieurs tels que les *Protozoaires*, les *Éponges*, les *Méduses*, les *Polypiers*, etc., la surface du corps est perméable et se laisse pénétrer partout par l'oxygène dissous dans l'eau, en même temps qu'elle rejette le CO_2 dans l'eau ambiante. C'est donc la peau qui sert de membrane respiratoire et l'on dit que la *respiration est cutanée*. Il n'existe pas de membrane spécialement différenciée pour assurer la respiration ;

2° Chez d'autres animaux aquatiques plus élevés en organisation, tels que de nombreux *Vers*, la plupart des *Mollusques*, les *Poissons*, etc., la respiration se localise dans des régions déterminées de la peau qui, à cet effet, augmente sa surface de contact avec l'eau *en poussant extérieurement de nombreux prolongements* dans lesquels le sang circule avec abondance.

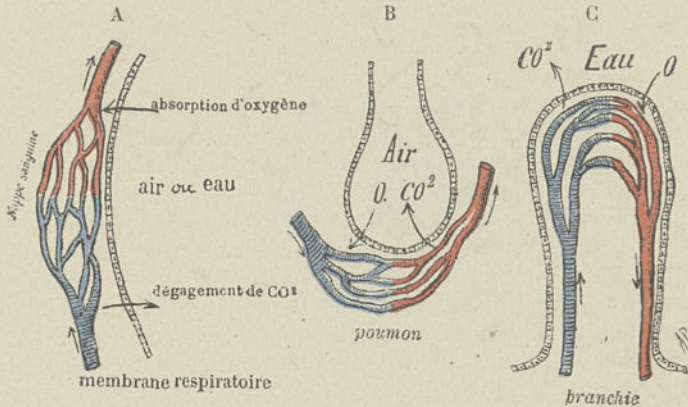


Fig. 244.

A, disposition générale d'un appareil respiratoire. — B, forme de la membrane respiratoire dans un poumon. — C, sa forme dans une branchie.

Ces prolongements s'appellent des *branchies* et la respiration est dite *branchiale*. L'oxygène de l'air dissous dans l'eau pénètre à travers les parois minces des branchies, tandis que le CO_2 s'échappe en sens inverse et va se dissoudre dans l'eau. Le sang entre *veineux* dans la branchie et il en sort *artériel* ;

3° Chez les animaux adaptés à la vie aérienne, la peau envoie au contraire des renforcements ou diverticules internes, généralement au nombre de deux, qui se remplissent d'air et que l'on appelle des *poumons* ; l'oxygène de l'air traverse la paroi mince de ces sacs pour pénétrer dans le sang et le CO_2 suit comme d'habitude une marche inverse. On dit que la respiration est *pulmonaire*. Comme dans le cas précédent, le sang arrive *veineux* dans les parois des poumons et en sort *artériel* ;

4° Enfin, chez les Insectes, l'appareil respiratoire est disposé d'une façon tout à fait spéciale : au lieu de prendre la forme de sacs ou poumons remplis d'air, il est constitué par une multitude de petits tubes rigides appelés les *trachées*, qui pénètrent dans tous les organes pour y porter directement l'air ; ils sont formés comme les poumons par des renforcements de la peau à la surface de laquelle ils s'ouvrent pour laisser pénétrer l'air extérieur. Cette dernière disposition s'appelle la *respiration trachéenne*.

La conformation de l'appareil respiratoire est donc variable ; mais quelles

que soient sa forme et ses dimensions, il se ramène toujours à une membrane extrêmement mince et perméable aux gaz, dont une des faces est en contact avec le milieu aéré, air ou eau, tandis que l'autre est en contact avec le sang ou même directement avec les tissus vivants (fig. 244) : Si l'animal vit exclusivement dans l'eau, *l'oxygène de l'air dissous dans cette eau* traverse la membrane respiratoire très mince et va se combiner avec le sang situé sur l'autre face; le gaz carbonique du corps suit une marche inverse et va se dissoudre dans l'eau; si l'animal respire dans l'air, c'est l'oxygène de cet air qui traverse la membrane respiratoire pour passer dans le sang; le gaz carbonique formé dans le corps suit encore une marche inverse et traverse la membrane pour se répandre dans l'air extérieur.

I. — DESCRIPTION DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE DE L'HOMME

Chez nous la membrane respiratoire présente une surface totale de près de 200 mètres carrés, et, afin de pouvoir se loger dans l'intérieur du corps, elle affecte la forme d'une multitude de petits ballons microscopiques (1 700 à 1 800 millions) qui s'agglomèrent ensemble et constituent deux grosses masses spongieuses connues sous le nom de *poumons* (fig. 246).

Ces petits ballons ou *alvéoles pulmonaires* mesurent seulement de 1/4 à 1/8 de millimètre de diamètre; ils communiquent les uns avec les autres, et sont tous remplis d'air qui leur vient du dehors par un tube spécial qui prend naissance au fond de la bouche et que l'on appelle la *trachée*.

Il y a donc deux parties distinctes à étudier dans notre appareil respiratoire : les *poumons* et la *trachée*.

§ 1. **Poumons.** — Les poumons sont situés dans la cavité thoracique, l'un à droite, l'autre à gauche du cœur. Ils ont la forme de sortes de pyramides

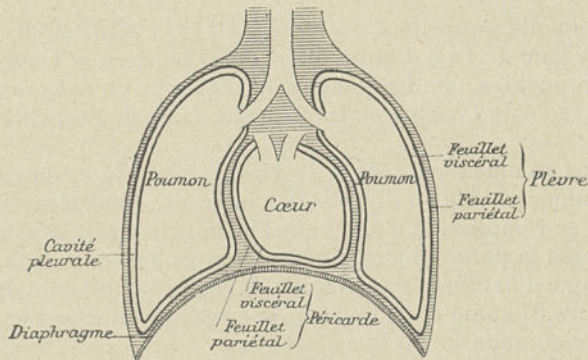


Fig. 245. — Rapports du cœur et des poumons.

dont le sommet est dirigé vers le haut et dont la base élargie se pose sur le diaphragme, en se creusant légèrement pour se modeler sur la voussure de ce dernier organe. Leur face latérale interne est fortement concave parce qu'elle est adjacente au cœur; leur face latérale externe est au contraire convexe parce qu'elle se moule sur la paroi thoracique (fig. 245 et 246).

Le droit est un peu plus volumineux que l'autre ; sa face externe est creusée de deux sillons qui partent du sommet et se dirigent en bas et à

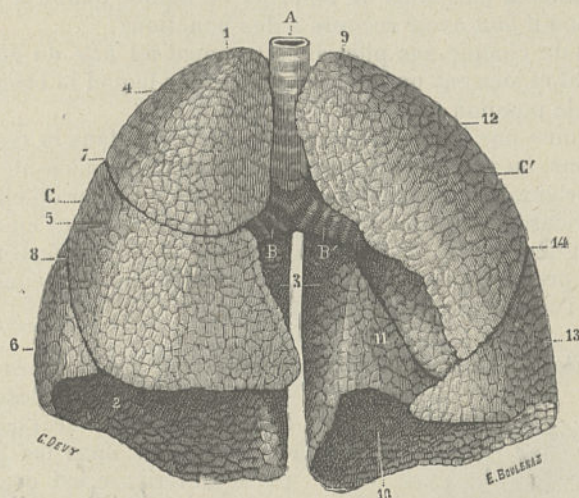


Fig. 246. — Les poumons en place, face antérieure (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

A, trachée. — B, bronche droite. — B', bronche gauche. — C, le poumon droit avec son sommet 1, sa base 2 et ses trois lobes 4, 5 et 6, que séparent les sillons 7 et 7'. — C', poumon gauche avec son sommet 9, sa base 10 et ses deux lobes 12 et 13, que sépare l'échancre 14.

gauche, en le partageant ainsi en trois lobes. Celui de gauche ne possède qu'un seul sillon et n'est divisé superficiellement qu'en deux lobes.

Enfin chaque poumon est recouvert extérieurement par une membrane séreuse, la *plèvre*, analogue au péricarde (fig. 207), et qui forme de même une sorte de sac complètement clos et à deux parois (fig. 245 et 247) : l'interne, ou *feuillet viscéral*, est intimement adjacent à la surface du poumon et ne fait pour ainsi dire qu'un avec ce dernier ; l'externe, ou *feuillet pariétal*, est intimement adjacent à la paroi thoracique et au diaphragme, sans la moindre interposition d'air ou de liquide, et ne fait également qu'un avec ces organes, de telle sorte que si ces derniers se déplacent, le feuillet de la plèvre est forcément obligé de suivre le même mouvement.

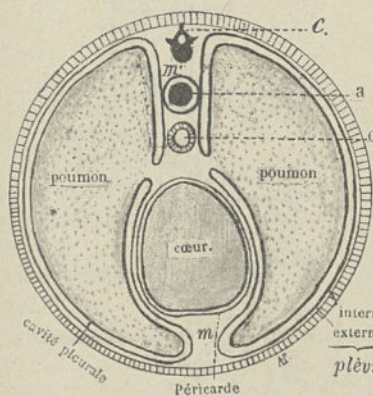


Fig. 247. — Coupe transversale du thorax, montrant les rapports du cœur et des plèvres.

c, colonne vertébrale. — a, aorte. — œ, œsophage. m et m', médiastins.

Entre les deux feuillets se trouve un espace virtuel, la *cavité pleurale*, rempli d'un liquide séreux sécrété par les plèvres elles-mêmes et qui facilite le glissement des poumons pendant leurs mouvements. L'inflammation des plèvres ou *pleurésie* détermine une

sécrétion plus abondante de liquide qui s'accumule dans l'espace pleural; le feuillet externe renferme un très grand nombre de capillaires lymphatiques qui sont capables à eux seuls de résorber ce liquide quand il n'est pas trop en excès, sinon il faut avoir recours à des ponctions.

Les bords de chaque sac pleural se trouvent au *hile* du poumon, où ils se rebroussement et laissent un intervalle libre par lequel la bronche primaire pénètre dans le poumon.

Si on examine une coupe transversale du corps dans la région du cœur et des poumons, on voit que les plèvres s'étendent depuis le sternum jusqu'à la colonne vertébrale et passent de chaque côté du cœur où elles sont adjacentes au péricarde. Elles laissent entre elles, en avant et en arrière, deux espaces triangulaires, le *médiastin antérieur* et le *médiastin postérieur*; c'est dans le premier qu'est logé le cœur, tandis que le second est occupé par l'aorte et l'œsophage (fig. 247).

2. **Trachée.** — La trachée est un conduit qui prend naissance au fond de la bouche et qui descend verticalement *en avant de l'œsophage* pour conduire l'air dans les poumons. Sa partie antérieure est organisée d'une façon particulière pour constituer l'or-

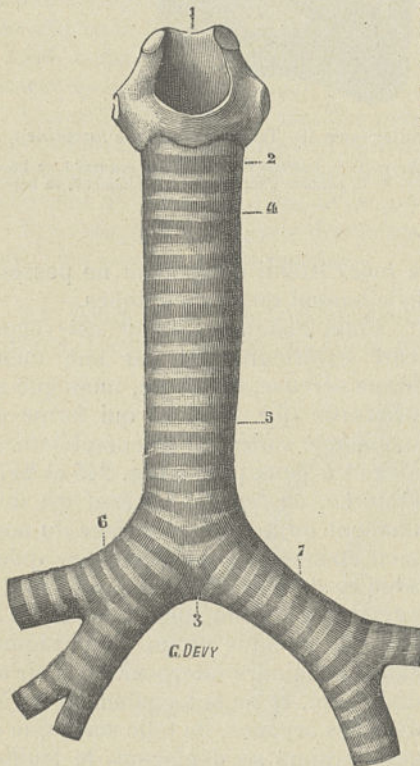


Fig. 248. — Trachée et bronches primaires (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, le larynx. — 2, premier anneau de la trachée. — 3, son dernier anneau. — 6, bronche droite trifurquée. — 7, bronche gauche bifurquée.

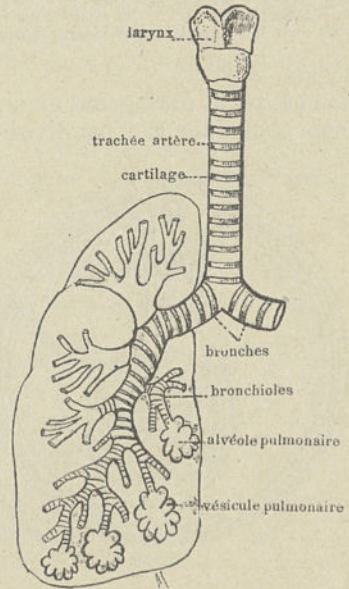


Fig. 249. — Figure schématique de la trachée, des bronches et de leurs ramifications.

gane de la voix ou *larynx* qui sera étudié plus loin. Son orifice dans l'arrière-

bouche, appelé la *glotte*, est surmonté d'une languette cartilagineuse, l'*épiglotte*, qui s'abaisse au moment de la déglutition pour empêcher les matières alimentaires de s'engager dans la trachée (E, fig. 184 et 281).

Le tube qui fait suite au larynx est la trachée proprement dite ; il possède un calibre d'environ 2 centimètres et est légèrement aplati sur sa face externe qui est adjacente à l'œsophage (fig. 252). Après un trajet moyen de 12 centimètres, il se subdivise, au niveau de la quatrième vertèbre dorsale, en deux branches, appelées *bronches*, qui pénètrent chacun dans un poumon. La bronche de droite mesure à peu près 2 centimètres, celle de gauche a une longueur presque double ; leur diamètre est de 1 centimètre à 1 centimètre et demi (fig. 248).

La bronche ne perfore pas la *plèvre* pour pénétrer dans le poumon ; elle passe par un petit intervalle appelé le *hile*, que les bords de cette dernière laissent entre eux à la face interne du poumon, vers son tiers supérieur à partir du sommet ; c'est également par là que pénètrent les nerfs et les vaisseaux sanguins (fig. 255).

La figure 248 et la figure schématique 249 montrent que chaque bronche en pénétrant dans le poumon correspondant, se divise d'abord en autant de gros troncs qu'il possède de *lobes pulmonaires*, trois à droite, qui sont même déjà visibles à l'extérieur, et deux à gauche. Puis chacun de ces troncs se subdivise à son tour un très grand nombre de fois par des *bifurcations successives*, émettant ainsi une multitude de ramifications de plus en plus fines, les *bronches* et les *bronchioles*, dont les dernières ne dépassent pas 1/10 de millimètre de diamètre. Chacune se termine par un petit renflement à surface bosselée, appelé l'*alvéole pulmonaire*, n'ayant pas plus de 1/4 à 1/8 de millimètre de largeur.

Chaque alvéole est même subdivisé à son tour en un très grand nombre de petits sacs s'ouvrant les uns dans les autres, les *vésicules pulmonaires*, qui ont pour effet d'augmenter encore très notablement la surface interne de l'alvéole (fig. 250).

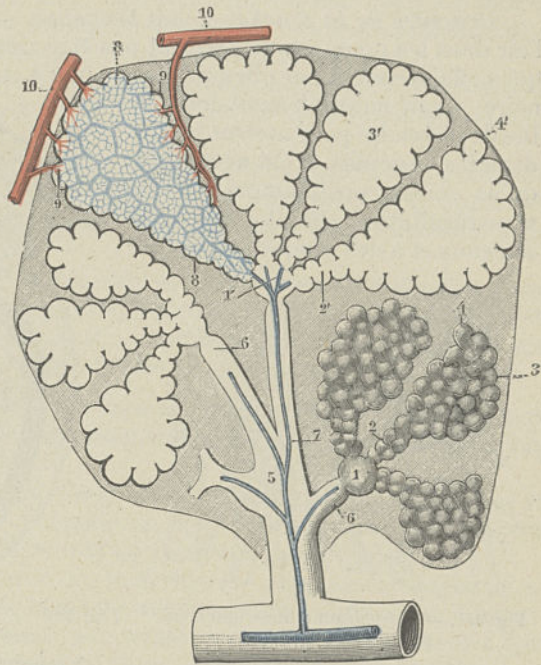


Fig. 250. — Schéma d'un lobule pulmonaire fortement grossi (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Ce lobule est formé d'un grand nombre d'*alvéoles* tels que 3', qui est vu en coupe ; l'alvéole 3 est vu par sa face externe. Chaque alvéole se décompose en *vésicules pulmonaires* telles que 4'. — 6, dernière ramification bronchique s'ouvrant dans l'alvéole. Une ramification de l'artère pulmonaire 7 forme un riche réseau 8 autour de chaque alvéole ; ce réseau se continue par les racines des veines pulmonaires 9 et 10.

Ces vésicules sont remplies d'air qui leur arrive par la trachée et que leurs parois très minces laissent ensuite passer dans le sang qui circule sur l'autre face. Leur surface totale est évaluée à 200 mètres carrés. Ce sont elles qui constituent de la sorte la *membrane respiratoire*, et il est facile de voir que la disposition de cette dernière sous la forme d'innombrables petits ballons juxtaposés lui permet de réaliser une surface maxima avec un volume maximum.

Structure de la trachée et des bronches. — Les canaux qui conduisent l'air dans les poumons ne peuvent pas être constitués par des parois molles, qui s'affaisseraient sur elles-mêmes et que l'air extérieur, à la pression ordinaire, serait naturellement incapable de distendre pour arriver jusque dans les vésicules. Il est nécessaire qu'ils soient constamment béants, et ce résultat est atteint grâce à des anneaux et à des plaques de nature

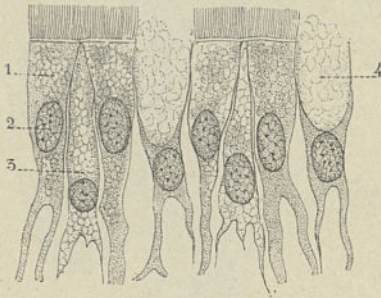


Fig. 251. — Epithélium cilié de la trachée (d'après TOURNEUX).

1, cellules cylindriques à cils vibratiles. — 2, leur noyau. — 3, cellules muqueuses. — 4, cellules caliciformes se débarrassant de leur mucus.

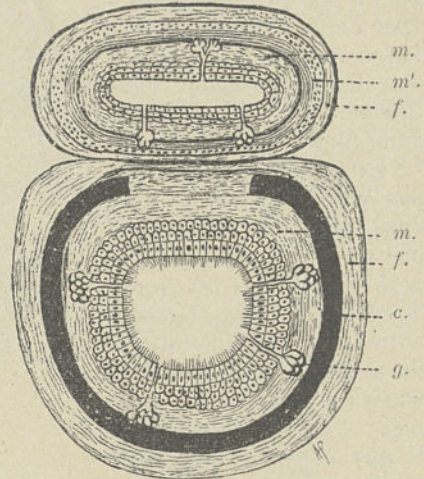


Fig. 252. — Coupe transversale de l'œsophage en haut et de la trachée en bas.

(L'épaisseur des tuniques fibreuses y est exagérée.)

m, tunique muqueuse. — m', tunique musculaire. — f, tunique fibreuse. — c, cartilage. — g, glande.

cartilagineuse qu'ils renferment dans leurs parois et qui leur donnent une certaine rigidité (fig. 248, 249 et 251).

La trachée possède de 16 à 20 de ces anneaux superposés et interrompus en arrière au voisinage de l'œsophage (fig. 251) ; ils sont enveloppés par un tissu conjonctif très élastique qui constitue la *tunique externe* de la trachée. Dans les grosses bronches, ce sont des anneaux presque complets ; mais plus loin ils se fragmentent en petites plaques irrégulières dont le volume diminue progressivement avec le calibre des ramifications bronchiques, et les dernières ne disparaissent qu'au voisinage immédiat des alvéoles pulmonaires ; ces alvéoles se trouvent ainsi communiquer librement avec la trachée, et par conséquent avec l'extérieur, par autant de petits tubes béants assurant une facile circulation de l'air.

D'autre part, la trachée et ses ramifications constituant des cavités qui s'ouvrent à l'extérieur, leur paroi interne est formée par une *membrane muqueuse* composée, comme toutes les membranes de cette nature, d'un épithélium doublé intérieurement d'une couche de tissu conjonctif (ce der-

nier très riche en fibres élastiques au contact immédiat de l'épithélium). L'épithélium présente ici la particularité d'être stratifié comme celui de la bouche dont il est le prolongement direct (fig. 252), et d'être terminé à sa surface par une assise de cellules cylindriques couvertes de *cils vibratiles* (fig. 251).

De nombreuses cellules allongées (3 et 4, fig. 251) situées entre les cellules cylindriques ciliées et de très nombreuses glandes en grappe renfermées dans la muqueuse (fig. 252), sécrètent un liquide épais ou *mucus*, destiné à maintenir la surface interne de la trachée constamment humide et à empêcher l'air extérieur d'arriver desséché dans les poumons.

Les cils vibratiles, recouverts par ces mucosités, s'agitent constamment et les font remonter peu à peu jusqu'à la glotte, d'où elles s'écoulent dans l'œsophage.

Ces mouvements s'observent très nettement sur une trachée de grenouille que l'on étale après l'avoir fendue et sur laquelle on répand de la poudre de carmin : les grains colorés sont peu à peu entraînés vers l'extrémité antérieure par les cils vibratiles.

En résumé la trachée est formée de deux membranes distinctes : une *tunique externe* très mince (fibres conjonctives et élastiques) dans laquelle sont noyés les arceaux cartilagineux ; et une *tunique interne* qui est une muqueuse à épithélium stratifié et vibratile.

Structure des bronchioles et des vésicules pulmonaires. — La structure des canaux bronchiques se simplifie insensiblement à mesure que leur calibre diminue :

1° Les anneaux cartilagineux des grosses bronches se fragmentent et se résolvent en petites plaques irrégulières, qui deviennent de plus en plus faibles et disparaissent complètement au voisinage des alvéoles ;

2° La tunique fibreuse externe qui renferme ces plaques cartilagineuses, ainsi que le tissu conjonctif de la membrane muqueuse, s'amincissent insensiblement de leur côté et ne sont plus représentés autour des alvéoles que par quelques rares fibres musculaires lisses et un peu de tissu élastique ;

3° Enfin, l'épithélium, encore cylindrique et vibratile sur les grosses bronches, perd ses cils et devient simple et cubique à mesure que l'on s'avance vers les ramifications les plus fines ; sur les alvéoles, ce n'est plus qu'un *endothélium*, c'est-à-dire une assise de cellules extrêmement aplaties et à contours polyédriques, que l'on peut encore appeler un *épithélium pavimenteux*.

La vésicule pulmonaire possède donc encore une double paroi comme la trachée ou les bronches, avec cette différence qu'elle est d'une très grande minceur. Elle comprend en dedans une assise de cellules très aplaties ou *endothélium* ; en dehors une très fine paroi de tissu élastique avec quelques fibres musculaires lisses, le tout formant une très mince membrane à travers laquelle l'air qui remplit les vésicules peut passer très facilement par osmose.

Vaisseaux des poumons. — Nous avons vu dans l'étude de la circulation que le sang veineux est emmené dans les poumons par l'*artère pulmonaire* qui part du ventricule droit et se divise un peu plus haut en deux branches, qui pénètrent chacune dans le poumon correspondant par le hile, en même temps que la bronche. Celle de droite se subdivise déjà en trois autres,

autant que de lobes pulmonaires, avant d'entrer dans le poumon et celle de gauche en deux. Puis chaque branche se ramifie dans l'intérieur du poumon en suivant les ramifications mêmes des bronches, et se termine par un réseau extrêmement serré de capillaires dans la période des alvéoles (fig. 250 et 253).

Ces capillaires à sang veineux deviennent des capillaires à sang artériel

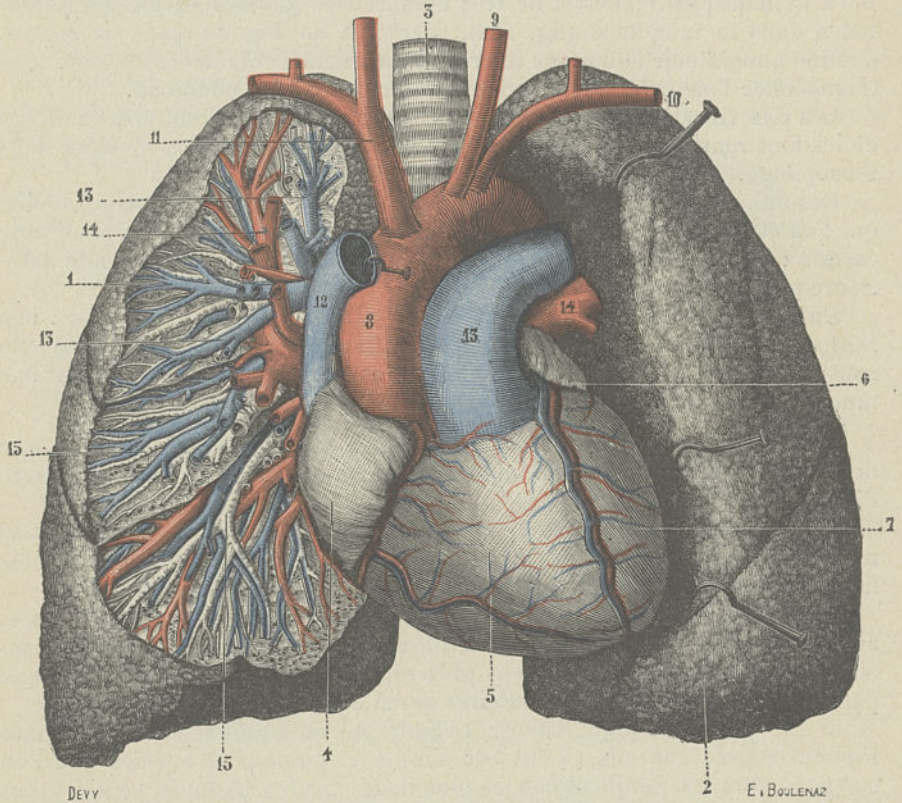


Fig. 253. — Le cœur et les poumons, face antérieure (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Poumon droit coupé pour montrer les ramifications des bronches et des vaisseaux sanguins. — 1, poumon droit. — 2, le gauche. — 3, trachée. — 4, oreillette droite. — 5, ventricule droit. — 6, oreillette gauche. — 7, ventricule gauche. — 8, crosse de l'aorte. — 9, carotide gauche. — 10, sous-clavière gauche. — 11, tronc brachio-céphalique. — 12, veine cave supérieure. — 13, artère pulmonaire et ses ramifications 13 (en bleu). — 14, 14', ramifications des veines pulmonaires (en rouge). — 15, ramifications bronchiques.

une fois qu'ils se sont chargés d'oxygène ; puis en s'unissant les uns aux autres, ils forment dans chaque poumon *deux veines pulmonaires* qui sortent également par le hile et se rendent dans l'oreillette gauche.

En résumé, tout ce qui précède montre que les poumons sont essentiellement constitués par une agglomération considérable de petits tubes, les uns renfermant de l'air, les autres du sang, et c'est ce qui explique qu'ils puissent flotter sur l'eau (fig. 253).

Les légers intervalles qui restent entre ces tubes et les alvéoles sont occupés par du tissu de remplissage, c'est-à-dire par du tissu conjonctif qui représente en réalité la substance propre des poumons.

Par le hile pénètrent encore : 1° les vaisseaux nourriciers de la substance propre des poumons. Ce sont les *artères bronchiques* issues de la crosse de l'aorte et les *veines bronchiques* qui se jettent dans la veine azygos (fig. 209) ; 2° des filets nerveux appartenant au pneumogastrique (10^e paire crânienne) et au système sympathique ; 3° de nombreux vaisseaux lymphatiques.

II. — PHÉNOMÈNES DE LA RESPIRATION

La respiration comprend des *phénomènes mécaniques* destinés à assurer l'arrivée et la sortie de l'air dans les poumons, et des *phénomènes chimiques* qui constituent la respiration proprement dite.

§ 1. **Phénomènes mécaniques.** — Au moment où nous éprouvons le besoin de respirer, le diaphragme s'abaisse en refoulant l'abdomen en avant, la

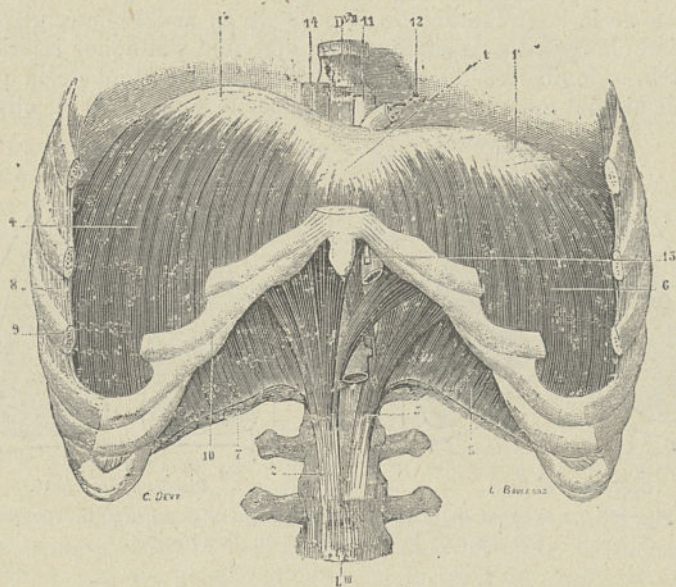


Fig. 254. — Diaphragme vu par sa face convexe (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, centre phrénique avec 1', foliole gauche et 1'', foliole droite. — 2, pilier droit du diaphragme. — 3, pilier gauche. — 4, faisceau charnu s'insérant sur les côtes du côté droit. — 5, celui du côté gauche. — 6, section de la 8^e côte. — 7, aorte. — 8, œsophage. — 9, veine cave. — 10, 7^e vertèbre dorsale.

cavité thoracique se dilate légèrement ainsi que les poumons, et l'air extérieur pénètre tout naturellement par la trachée pour ramener l'air des vésicules à la pression atmosphérique.

Ce premier acte de la respiration s'appelle l'*inspiration*.

Puis l'abdomen revient à sa position primitive, la paroi thoracique s'affaisse de son côté en pressant légèrement sur les poumons, et ceux-ci expulsent par suite une certaine quantité de l'air qui les remplissait ; ce deuxième temps de la respiration s'appelle l'*expiration*. Tous ces mouvements sont autant de réflexes qui sont commandés par le bulbe (p. 101).

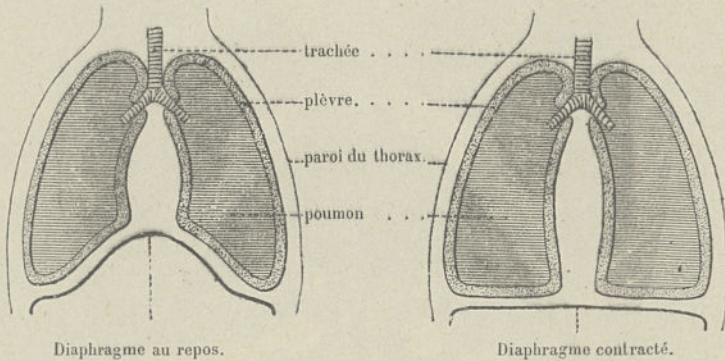
Expliquons comment se produisent ces deux actes successifs de la respiration.

1° *Explication de l'inspiration.* — L'entrée de l'air dans les poumons est due à l'accroissement de volume qu'ils prennent à ce moment, et ils sont capables d'augmenter de volume parce que *leur tissu est élastique* et qu'ils sont entraînés passivement d'une part par les parois thoraciques qui s'avancent en avant et en haut, d'autre part par le diaphragme qui s'affaisse vers le bas.

La question revient donc à chercher quelles sont les causes qui font déplacer la paroi du thorax et le diaphragme.

Ces déplacements sont dus aux contractions de certains muscles qualifiés du nom général de *muscles inspireurs*.

Le plus important est le *diaphragme* qui a la forme d'une voûte séparant la cavité thoracique de la cavité abdominale. Il est fixé par son bord sur tout le pourtour de la cage thoracique et possède en arrière deux gros cordons musculaires, les *piliers* du diaphragme, qui vont s'attacher inférieurement aux vertèbres lombaires. Les fibres musculaires partent de la périphérie du muscle et vont toutes converger à sa partie supérieure où elles se ter-



Diaphragme au repos. Diaphragme contracté.
Fig. 255. — Schéma montrant l'agrandissement de la cage thoracique par suite de la contraction du diaphragme.

minent par une large aponévrose, le *centre phrénique*, qui forme une grande tache blanche en forme de feuille de trèfle (fig. 254).

Il est traversé par l'œsophage, l'aorte et la veine cave inférieure.

Lorsqu'il se contracte, sa voussure diminue; de *d* il passe en *d'* (fig. 256); il presse légèrement sur les viscères situés au-dessous de lui et refoule ainsi la paroi abdominale en avant, tandis que la cavité thoracique s'agrandit par le bas. Or, comme il est intimement adjacent aux feuillets des plèvres, sans interposition d'air, il les entraîne tout naturellement avec lui, et les plèvres entraînent à leur tour les poumons avec lesquels elles sont également adjacentes (fig. 255 et 256).

Les autres *muscles inspireurs* les plus importants sont des muscles longs *m* (fig. 256) fixés d'une part sur la colonne vertébrale, dans la région du cou, et inférieurement sur certaines des cinq premières paires de côtes. Quand ils se contractent, ils prennent leur point d'appui sur la colonne vertébrale et tirent légèrement ces côtes en haut et en avant, amenant ainsi une

dilatation de la cavité thoracique de ce côté. Or, comme les plèvres sont intimement adjacentes à la paroi thoracique et à la surface des poumons, sans la moindre interposition d'air, et que toutes ces parties font corps, il en résulte que lorsque les côtes s'avancent en avant, les poumons suivent forcément et *passivement* le mouvement de dilatation de la cavité thoracique.

En résumé, les poumons se dilatent en avant parce qu'ils sont entraînés par la paroi thoracique, et inférieurement parce qu'ils sont entraînés par le diaphragme. *Leur rôle est purement passif.* Ce sont les petites vésicules pulmonaires et les plus fines bronchioles qui se gonflent à ce moment, grâce à leurs parois très minces et élastiques; les canaux bronchiques restent fixes, maintenus rigides par leurs petites plaques cartilagineuses.

Le résultat de l'augmentation de volume des poumons est naturellement une diminution dans la pression de l'air qu'ils renferment; mais cette diminution ne se produit pas en réalité, car à mesure que les poumons se gonflent, l'air extérieur y pénètre par la trachée artère pour y maintenir la pression constante. Il en arrive ainsi un demi-litre environ à chaque inspiration.

On peut observer l'élasticité et le gonflement des poumons en procédant de la façon suivante :

Une cloche de verre est fermée à sa partie supérieure par un bouchon que traverse un tube de verre; à l'extrémité inférieure de ce tube on fixe une trachée de lapin à laquelle les deux poumons sont encore attachés; puis on ferme la cloche à sa partie inférieure par une grande lame en caoutchouc au centre de laquelle est attachée une ficelle tombant au dehors. Ce caoutchouc représente le diaphragme, et quand on tire la ficelle il s'agrandit en dehors en augmentant le volume interne de la cloche; la pression supportée par les poumons sur leur face externe se trouvant diminuée, ces derniers se dilatent grâce à leur élasticité.

Autre expérience : Si par la trachée on insuffle de l'air dans des poumons récemment extraits du corps, ils se gonflent, et lorsqu'on cesse l'insufflation ils reviennent à leur volume primitif, ce qui démontre encore que *leurs tissus sont élastiques.*

Les principaux muscles inspirateurs, outre le diaphragme, sont (fig. 257) :

- 1° Le *scalène antérieur* fixé supérieurement sur les vertèbres cervicales et inférieurement sur la partie antérieure de la première côte (un à droite et un à gauche) ;
- 2° Le *scalène postérieur* inséré également sur les vertèbres cervicales et inférieurement sur les deux premières côtes (un à droite et un à gauche) ;
- 3° Le *petit dentelé supérieur* fixé supérieurement à la colonne vertébrale un peu

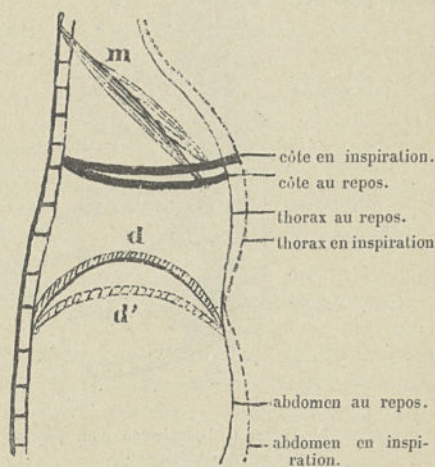


Fig. 256. — Schéma montrant les variations du thorax et de l'abdomen pendant l'inspiration.

m, muscle inspirateur. — *d*, diaphragme au repos. — *d'*, le même pendant l'inspiration.

au-dessus des précédents et qui se subdivise inférieurement en quatre branches s'attachant respectivement sur la 2^e, 3^e, 4^e et 5^e côtes (un à droite et un à gauche) ;

4^o Les *intercostaux externes* qui occupent les intervalles qui existent entre les côtes, depuis le sternum jusqu'au voisinage de la colonne vertébrale ; ils vont d'une côte à l'autre et ont la même direction que les précédents, mais leur rôle est beaucoup moins important ;

5^o Les muscles *surcostaux* au nombre de douze paires : ils sont fixés d'une part aux apophyses transverses des vertèbres dorsales et d'autre part à la partie postérieure de la côte placée immédiatement au-dessous ; leur direction est encore la même que celle des précédents ; mais leur position, tout à fait au voisinage de la colonne vertébrale, montre clairement qu'ils ne peuvent avoir qu'une très faible action pour tirer les côtes vers le haut.

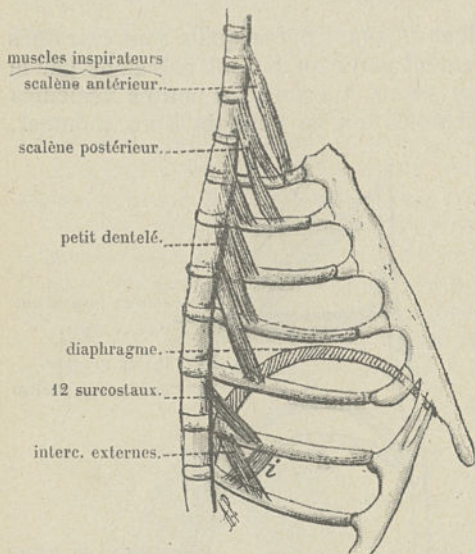


Fig. 257. — Thorax vu latéralement pour montrer les muscles inspirateurs.

z, muscle intercostal interne (expirateur).

son extrémité rétrécie et attachée à la tête de l'humérus qui sert de point fixe, et c'est l'autre extrémité élargie qui soulève les côtes ainsi que le sternum ; il ajoute ainsi son action à celle des muscles inspirateurs normaux.

Le second (24, fig. 67 et 15, fig. 68) est appelé ainsi parce qu'il s'attache supérieurement sur l'apophyse *mastoïde* du temporal et qu'il se continue inférieurement sur la *clavicule* et le sommet du *sternum*. Normalement il fait tourner la tête en prenant son point d'appui sur ces derniers os, tandis que dans l'inspiration forcée c'est au contraire son extrémité inférieure qui se déplace et soulève le sternum.

2^o *Explication de l'expiration.* — Dès que les muscles inspirateurs ont achevé leur contraction, ils reviennent à leur position primitive en raison de leur élasticité, les côtes s'abaissent et le diaphragme reprend sa voûture normale. Les poumons se trouvent ainsi légèrement pressés, surtout en avant et par-dessous, et reviennent à leur volume ordinaire de repos en laissant forcément échapper à l'extérieur une certaine partie de l'air qu'ils renferment ; cette quantité est en moyenne d'un demi-litre, équivalente à celle qui y était entrée pendant l'inspiration. La pression de l'air qui s'échappe surpasse seulement de 2 à 3 millimètres de mercure la pression atmosphérique externe.

Remarquer que dans le mouvement de sortie de l'air, la *cage thoracique* est absolument passive puisqu'elle revient d'elle-même à sa première position sans l'intervention d'aucune contraction musculaire. Il n'en est pas de même pour les poumons : leurs vésicules pulmonaires reviennent à leur diamètre

primitif, non seulement par suite de la légère pression exercée extérieurement sur elles par la paroi thoracique et le diaphragme, mais grâce encore à *leurs parois propres* qui reprennent d'elles-mêmes leurs dimensions normales dès que l'air extérieur a cessé de les dilater, d'abord parce qu'elles *sont un peu contractiles* et surtout *parce qu'elles sont élastiques*; elles se comportent comme un petit ballon de caoutchouc qui revient sur lui-même quand on cesse de souffler dedans en laissant son orifice ouvert.

Les poumons sont donc complètement passifs dans l'inspiration et sont un peu actifs dans l'expiration; c'est l'inverse pour les muscles inspirateurs.

Expiration forcée. — Les poumons ne réalisent pas leur volume minimum dans l'expiration ordinaire; on ne peut atteindre ce résultat que par une voussure plus prononcée du diaphragme et un aplatissement plus accentué de la paroi thoracique, c'est-à-dire par ce qu'on appelle l'*expiration forcée*. Il existe à cet effet des muscles assez nombreux qui s'étendent des côtes inférieures jusqu'au bassin et à la partie terminale de la colonne vertébrale. Leurs contractions font aplatis l'abdomen de telle sorte que les viscères sont refoulés vers le haut, sous le diaphragme, qui se bombe ainsi davantage et presse les poumons par leur base; de plus les côtes inférieures sont tirées vers le bas par les mêmes muscles et pressent également le poumon de leur côté.

Parmi ces muscles de l'expiration forcée, citons les muscles des parois de l'abdomen: le *grand droit*, le *grand oblique* et le *petit oblique* (p. 72).

Ils ramènent les cavités pulmonaires au volume minimum de 1 litre à 1 litre et demi, suivant la taille des personnes, mais n'arrivent jamais à les vider complètement.

La capacité totale des deux poumons atteint une moyenne de 4 à 5 litres quand la poitrine est gonflée au maximum (inspiration forcée) et elle descend à 1 litre ou 1 litre et demi lorsqu'on prolonge l'expiration au maximum (expiration forcée). La différence, soit de 3 à 4 litres, représente la plus grande quantité d'air que nous puissions absorber en partant d'une expiration forcée pour finir à une inspiration forcée. Mais dans les mouvements ordinaires nous n'en absorbons guère qu'un demi-litre à chaque inspiration.

L'homme adulte fait en moyenne 16 inspirations à la minute, et la femme 18. Ce nombre est inversement proportionnel à la taille; il varie également avec l'âge; à la naissance, il est de 40; à 5 ans la moyenne est de 26; de 15 à 20 ans, elle est de 20; de 20 à 25 ans, elle est de 18 et tombe enfin à 16 de 25 à 30 ans.

L'*exercice musculaire* et l'*élévation de température* accélèrent considérablement l'activité respiratoire, surtout chez les animaux qui, comme, le chien ne suent pas; à 40°, la respiration du chien atteint jusqu'à 300 inspirations qui ont surtout pour effet de produire une évaporation pulmonaire intense, destinée à rafraîchir le corps à la place de la sueur que produisent les autres animaux.

Enfin le nombre des mouvements respiratoires n'est pas le même chez les différents animaux. On en compte 90 chez le moineau, 150 chez le rat, 60 chez le lapin, 25 chez le chat, 10 chez le cheval.

§ 2. **Phénomènes chimiques de la respiration.** — Ces phénomènes consistant essentiellement, comme nous l'avons déjà dit, en une *absorption d'oxygène* et un *dégagement de CO²*.

On peut le démontrer en répétant l'expérience par laquelle Lavoisier (1777) mit ce fait en évidence pour la première fois. On enferme un moineau sous une petite cloche de verre hermétiquement fermée et au bout d'une

heure ou deux, il tombe asphyxié. L'analyse de l'air de la cloche montre qu'il s'est appauvri en oxygène et enrichi en CO^2 ¹.

On peut encore démontrer que nous rejetons CO^2 en soufflant tout simplement dans l'eau de chaux avec un tube en verre : l'eau se trouble et devient laiteuse par suite de la formation d'un précipité de carbonate de calcium ($\text{CO}^2 \text{Ca}$).

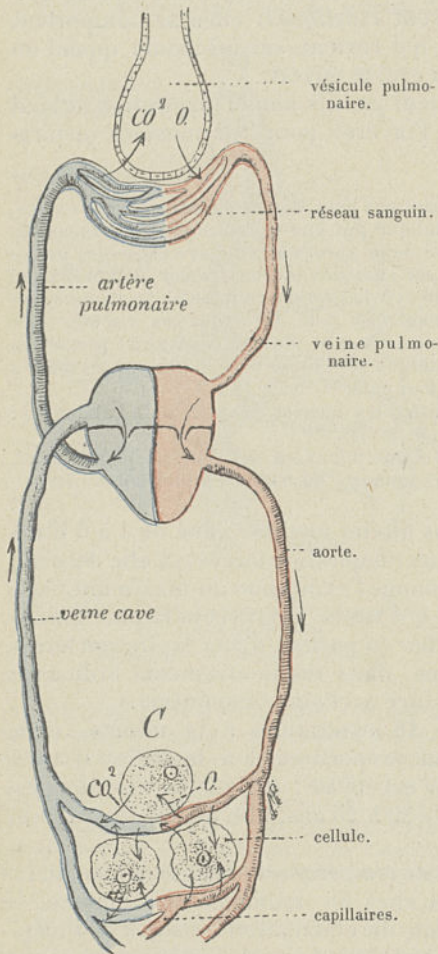


Fig. 258. — Schéma montrant la circulation générale et les phénomènes chimiques de la respiration.

C, trois cellules appartenant à un organe quelconque. Les flèches marquent la pénétration de l'oxygène O dans les cellules et la sortie du CO^2 .

On sait que 100 litres d'air ordinaire renferment environ 21 litres d'oxygène, 79 litres d'azote et 0,04 de gaz carbonique. Or l'air modifie profondément sa composition pendant son passage dans les poumons car lorsqu'il sort de ces derniers pendant l'expiration, on trouve que 100 litres ne renferment plus que 16 litres d'oxygène au lieu de 21, avec 4 litres de CO^2 au lieu de 0,04. Pour 5 litres d'oxygène que l'air perd en traversant les poumons, il prend donc 4 litres de CO^2 .

Tous ces chiffres varient naturellement un peu avec la capacité des poumons, l'activité musculaire et l'intensité de l'alimentation.

Quant à la quantité d'azote, elle ne paraît pas varier sensiblement; quelques auteurs croient cependant à une absorption de 4 à 5 centimètres cubes par kilogramme du poids du corps et par heure.

De plus, la surface interne des vésicules pulmonaires est le siège d'une véritable transpiration de vapeur d'eau rappelant celle qui se produit à la surface du corps; de sorte que l'air expiré est toujours humide, quand bien même l'air inspiré serait absolument sec. Il est facile de le constater en soufflant sur une vitre refroidie, qui se recouvre aussitôt d'une buée. Nous rejetons ainsi de 300 à 500 grammes de vapeur d'eau par jour.

En résumé l'air qui s'échappe des poumons a perdu de l'oxygène et s'est

¹ Les plantes vertes placées à la lumière absorbent au contraire CO^2 et dégagent de l'oxygène; si donc l'oiseau est placé sous une cloche en même temps qu'un végétal vert, il n'éprouvera aucun accident; l'un et l'autre tireront un bénéfice réciproque de leur association.

enrichi en gaz carbonique ainsi qu'en vapeur d'eau; il s'est également échauffé.

Explication des phénomènes chimiques. — Expliquons maintenant de quelle manière l'oxygène arrive jusqu'aux tissus vivants et quelle est l'origine du gaz carbonique rejeté pendant l'expiration.

Considérons une vésicule pulmonaire remplie d'air avec le réseau de capillaires sanguins qui circulent à sa face externe (fig. 258), en remarquant que cet air n'a pas la même composition que celui de l'extérieur puisqu'il ne renferme que 16 p. 100 d'oxygène avec 4 p. 100 de CO^2 .

1° L'oxygène de l'air traverse la membrane très fine de la vésicule dont l'épaisseur ne dépasse pas $\frac{2}{1000}$ de millimètre, puis celle des vaisseaux capillaires qui est encore plus mince ($\frac{1}{1000}$ de millimètre), et va se combiner avec l'hémoglobine des globules rouges pour donner de l'oxyhémoglobine caractéristique du sang artériel.

Il suffit de faire appel au principe de la diffusion des gaz pour expliquer l'absorption de l'oxygène. La tension de ce gaz dans les alvéoles pulmonaires est d'environ 16 p. 100, tandis qu'elle n'est que 3 p. 100 dans le sang veineux des artères pulmonaires; cette grande différence de tension suffit donc pour faire passer l'oxygène de l'air intra-alvéolaire dans le sang où il se dissout et où il se combine avec l'hémoglobine à mesure que sa tension augmente.

On sait en effet que la combinaison de l'hémoglobine avec l'oxygène se fait d'autant plus facilement que la tension de ce dernier gaz est plus forte; elle atteint presque son maximum dans l'air où la tension de l'oxygène est d'environ 21 p. 100 d'atmosphère; or cette combinaison pourra se réaliser très facilement au contact de l'air alvéolaire, puisque la pression de l'oxygène y atteint 16 p. 100 d'atmosphère.

On a calculé que la nappe sanguine qui circule au contact des vésicules d'un poumon couvre environ 75 mètres carrés, soit les trois quarts de la surface totale de ses vésicules, et la qualité de sang qui passe journellement dans un poumon atteint 10.000 litres; la surface du contact de l'air et du sang est donc vraiment considérable.

2° Le sang artériel ainsi chargé d'oxyhémoglobine est ensuite transporté comme nous le savons, d'abord au cœur par les veines pulmonaires, puis distribué dans toutes les parties du corps par les ramifications de l'aorte.

Une fois arrivée dans les capillaires, au contact des éléments vivants, la moitié de l'oxyhémoglobine environ est décomposée par le protoplasma et par les matières oxydables qu'il renferme, principalement par les graisses et les glucoses; l'oxygène ainsi abandonné par l'hémoglobine est utilisé dans différentes réactions intracellulaires.

C'est cette absorption de l'oxygène par le protoplasma qui constitue le véritable phénomène de la respiration.

Tous les actes qui précèdent, inspiration, combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine, transport de cet oxygène par les globules sanguins, etc., ne sont que des actes préparatoires destinés à assurer la respiration propre-

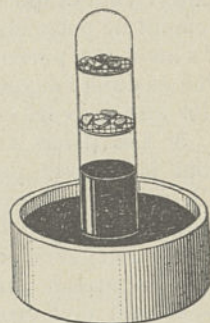


Fig. 259. — Expérience de Paul Bert.

ment dite, c'est-à-dire l'arrivée de l'oxygène au contact immédiat des éléments vivants de l'organisme.

Cela est tellement vrai que toutes les fois que la matière vivante se trouve plongée directement dans un milieu respirable, elle absorbe non moins directement l'oxygène sans qu'elle ait besoin pour cela d'actes préparatoires ou d'organes intermédiaires.

L'expérience suivante, due à Paul Bert, le prouve. Un morceau du muscle frais est enfermé dans un flacon rempli d'air et hermétiquement fermé; au bout de quelques temps on constate que l'air du flacon *a perdu de l'oxygène et s'est enrichi en CO²*; le muscle a donc continué à respirer en absorbant directement l'air qui se trouvait à son contact. Ce qui prouve qu'il est bien resté vivant et que le gaz carbonique dégagé ne provient pas d'un commencement de putréfaction, c'est que si on le greffe sous la peau d'un animal il s'incorpore parfaitement aux tissus de celui-ci et continue à vivre (fig. 259). Placés dans l'oxygène pur, les muscles en absorbent trois ou quatre fois plus que dans les conditions ordinaires.

3° Les tissus vivants sont le siège de nombreuses réactions chimiques dont la plupart paraissent fort complexes et sont encore peu connues (Ch. VII) : la plupart consistent en oxydations que subissent les matières azotées et surtout les substances ternaires (graisses et glucoses) sous l'action de l'oxygène amené par la respiration. *Du gaz carbonique* se forme toujours en grande quantité dans ces oxydations et il représente un véritable déchet qui doit être expulsé de l'organisme, car les éléments cellulaires placés dans une atmosphère de CO² meurent très rapidement.

C'est d'abord le sang, puis les poumons qui se chargent de rejeter ce gaz au dehors par les moyens suivants (fig. 258) :

A mesure que CO² prend naissance dans la profondeur des tissus vivants, il s'en dégage et pénètre dans le sang des capillaires où il se combine en grande partie avec les sels du plasma, particulièrement avec le carbonate et le phosphate de soude pour donner du *bicarbonate et du phospho-carbonate* solubles. Une petite proportion ne fait que se *dissoudre dans le plasma*, tandis que le quart environ se combine avec l'hémoglobine elle-même. Donc à mesure que l'oxygène pénètre dans les tissus, le gaz carbonique s'en échappe.

Le sang devenu veineux par la présence de CO² et la diminution d'oxygène est emmené, comme on le sait, d'abord au cœur, puis aux poumons.

Au contact des vésicules pulmonaires et pendant les périodes d'inspiration, le plasma laisse dégager une petite quantité du gaz carbonique qu'il tient en dissolution; le bicarbonate de soude de son côté est partiellement dédoublé en carbonate neutre et en gaz carbonique; celui-ci pénètre ensuite dans l'intérieur des vésicules en traversant leurs parois très minces, par une marche inverse à celle de l'oxygène, puis il est chassé en partie à l'extérieur au moment de l'expiration, en même temps qu'une certaine portion de l'air qui remplit les alvéoles.

En résumé, le sang sert de véhicule à l'oxygène et au CO². L'hémoglobine prend l'oxygène dans les poumons et le transporte au contact des tissus qui l'absorbent; le plasma et ses sels s'emparent du CO² engendré dans les organes et le ramènent aux poumons d'où il est expulsé à l'extérieur.

Reste à expliquer le mécanisme du dégagement du CO² au niveau des vésicules pulmonaires.

Jusque dans ces derniers temps on l'expliquait par la dissociation du bicarbonate et du phospho-carbonate de soude au niveau des vésicules; l'air de celles-ci ne renfermant, disait-on, qu'une très faible quantité de CO^2 , à savoir 4 p. 10.000, le bicarbonate, par exemple, se dissociait partiellement et dégageait du CO^2 dans les vésicules jusqu'à ce que dans celles-ci la pression ait augmenté au point de faire équilibre à la tension de dissociation du bicarbonate restant.

Mais il résulte de recherches aussi précises que possible, que l'air alvéolaire *renferme en réalité plus de CO^2 que l'air expiré*; la quantité est supérieure à 4 p. 100 et atteindrait en moyenne 6 p. 100. Cela provient de ce que ce gaz s'accumule peu à peu dans les vésicules à mesure qu'il sort du sang, parce que l'air de ces vésicules est loin de se renouveler complètement à chaque inspiration; un tiers de l'air inspiré chaque fois ne pénètre pas plus loin que les grosses bronches.

Étant donnée cette grande proportion de CO^2 dans les vésicules, il n'est donc pas possible de faire intervenir des phénomènes de dissociation ou de diffusion pour expliquer le dégagement du CO^2 du sang. L'épithélium pulmonaire aurait-il la propriété comme quelques-uns le pensent de sécréter une substance acide qui déplacerait le CO^2 de ses combinaisons? Pour l'instant on ne s'explique plus du tout le mécanisme du dégagement de ce gaz.

Origine du CO^2 . — Le gaz carbonique prend naissance dans tous les organes par suite des oxydations qu'y détermine l'oxygène de la respiration principalement sur les sucres et les graisses (Ch. xi). Lavoisier pensait qu'il ne se formait que dans les poumons; mais *a priori* si les combustions qui engendrent CO^2 ne se passaient que dans ces organes, ceux-ci devraient posséder une température supérieure à celle des autres parties du corps; or les mesures directes montrent que les poumons sont précisément à une température toujours un peu plus basse que les autres régions, parce qu'ils sont constamment refroidis par l'air frais qui y pénètre.

Ce fut le mathématicien Lagrange qui émit l'idée que CO^2 devait se produire dans tous les organes et que le sang lui servait de véhicule pour revenir aux poumons. On le démontre aujourd'hui par les expériences suivantes :

1° Un fragment de muscle enfermé dans un vase hermétiquement clos absorbe de l'oxygène et dégage CO^2 (expérience de Paul Bert déjà citée);

2° L'analyse du sang qui sort d'un organe quelconque montre qu'il renferme toujours plus de CO^2 que celui qui y est entré (Ch. p. 276);

3° Spallanzani enfermait dans un flacon rempli de gaz inerte, hydrogène ou azote, des grenouilles dont les poumons avaient été au préalable vidés d'air, ce qu'il est facile d'obtenir en leur pressant légèrement le corps qui est dépourvu de côtes. Ces animaux résistaient plusieurs heures dans ces conditions et continuaient à dégager du CO^2 . Or ce gaz ne pouvait évidemment provenir des poumons, puisqu'ils avaient été préalablement pressés et vidés d'air.

Enfin on peut encore démontrer que les tissus sont bien des agents actifs de l'absorption de l'O et de la production du CO^2 par l'expérience d'Értmann dite *de la grenouille salée*. On remplace tout le sang d'une grenouille par du sérum artificiel (eau salée à 6 ou 7 p. 1000); l'animal vit encore un certain temps après cette opération et continue d'absorber de l'oxygène et de dégager du CO^2 .

§ 3. **Quantité d'air absorbée.** — A chaque inspiration nous absorbons environ un demi-litre d'air, et comme nous faisons en moyenne 15 inspirations à la minute, cela fait $1/2 \times 15 = 7$ litres et demi d'air qui pénètrent dans nos poumons par minute.

Dans une heure, cette quantité est de $7\frac{1}{2} \times 60 = 450$ litres et dans un jour de vingt-quatre heures, elle atteint le chiffre surprenant de :

$$450 \times 24 = 10.800 \text{ litres}$$

sur lesquels il y a environ $1/5$ d'oxygène, soit en nombre rond 2.000 litres.

De ces 2.000 litres d'oxygène qui pénètrent journellement dans les poumons, il n'y en a guère que le quart, soit 450 litres environ ou 23 litres à l'heure, qui traversent les vésicules et pénètrent dans le sang pour servir aux oxydations internes de l'organisme.

D'autre part, nous rejetons journellement une moyenne de 400 litres de CO^2 , pour la formation desquels il a fallu 400 litres d'oxygène, de telle sorte que sur les 540 litres d'oxygène absorbés, il y en a $540 - 400 = 140$ litres qui ne sont pas employés à faire du CO^2 , mais sont utilisés à d'autres oxydations, en particulier à la formation de la vapeur d'eau qui s'exhale par la surface des poumons et dont nous rejetons de 300 à 500 grammes par jour.

On peut établir un quotient respiratoire $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ qui, comme pour les plantes, est toujours inférieur à l'unité, puisqu'on a $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = \frac{400}{540} < 1$.

Ce sont les muscles qui absorbent le plus d'oxygène; après eux vient le tissu nerveux, puis les glandes et enfin les os. Les animaux à sang chaud respirent beaucoup plus activement que les autres, et parmi eux ce sont les Oiseaux qui atteignent le maximum; en une heure l'homme absorbe par kilogramme de son poids, 300 centimètres cubes d'oxygène, le poulet 1000, le lézard 130 et la grenouille 50.

Dans un même groupe, l'activité respiratoire est en raison inverse de la taille : les petits oiseaux absorbent 10 fois plus d'O que le poulet, les cobayes trois ou quatre fois plus que les gros mammifères, etc... La marmotte n'absorbe plus que 30 centimètres cubes par heure et par kilogramme pendant l'hibernation. Enfin pendant le sommeil la consommation de l'O et le dégagement de CO^2 sont notablement diminués chez l'homme.

§ 4. **Influence de la pression de l'oxygène sur la respiration.** — L'air normal renfermant 21 p. 100 d'oxygène, la pression de l'oxygène seul est d'environ $1/5^e$ d'atmosphère. Si on se place dans de l'oxygène pur à la pression d'une atmosphère — ou, ce qui revient au même, dans de l'air comprimé à 5 atmosphères — le protoplasma absorbe beaucoup plus d'oxygène et on éprouve même dans ces conditions un certain sentiment de bien-être. Les oxydations internes sont accélérées et le dégagement de CO^2 accru. Les tuberculeux dégagent plus de CO^2 que les personnes bien portantes, ce qui veut dire que leurs oxydations sont trop actives; ce serait une erreur que de leur faire respirer de l'oxygène pur, qui amènerait une destruction encore plus rapide de leurs tissus.

L'expérience a montré qu'il existe une pression maxima qui ne peut être dépassée sans danger; une pression de 10 atmosphères d'air ordinaire paraît être le maximum qu'un homme puisse supporter sans risques.

Quand l'oxygène pur atteint la pression de 3 atmosphères et demie — ou l'air celle de 3 atmosphères et demie $\times 5 = 17$ atmosphère et demie — il se comporte comme un véritable poison; le corps est pris de convulsions tétaniques et les muscles restent contractés comme dans les empoisonnements par la strychnine; le cœur s'arrête et la mort survient.

Inversement la pression *minima* que doit posséder l'oxygène est de 3 centimètres de mercure, c'est-à-dire $1/25$ d'atmosphère environ. Les malaises qu'éprouvent les aéronautes dans les hautes régions de l'atmosphère et les ascensionnistes sur les sommets élevés des montagnes, sont dus à l'*insuffisance de l'oxygène* dont la pression diminue peu à peu, comme on le sait, avec l'altitude.

Les battements du cœur et les mouvements respiratoires augmentent tout d'abord quand on s'élève sur les hautes montagnes; entre 3 000 et 4 000 mètres, des éblouissements, des tintements d'oreilles, des douleurs de tête apparaissent, accompagnés de vomissements et d'une très grande faiblesse musculaire. Plus haut encore, il se produit des hémorragies surtout dans les voies respiratoires, et si la pression de l'oxygène descend finalement à 3 centimètres de mercure, la mort survient.

L'expérience montre que si on enferme un Mammifère sous une cloche close avec une solution de potasse qui absorbe CO_2 à mesure de sa production, l'animal meurt quand il ne reste plus qu'environ 3 p. 100 d'oxygène dans l'air de la cloche. La mort arrive donc aux hautes altitudes parce que la tension de l'O de l'atmosphère n'est pas assez forte pour permettre au sang d'absorber la quantité nécessaire à l'organisme. C'est pour cela que les aéronautes ont toujours le soin d'emporter des sacs d'oxygène.

Toutefois les accidents dont nous venons de parler n'acquièrent toute leur gravité dans les ascensions en ballon qu'aux environs de 6 000 mètres.

Le ballon *Le Zénith* dans sa célèbre ascension de 1875 au cours de laquelle deux des aéronautes, Sivel et Spinelli, trouvèrent la mort, s'était élevé à 8 600 mètres; le troisième aéronaute, Tissandier, seulement évanoui, revint à lui quand le ballon fut redescendu à 6 000 mètres.

Les populations qui vivent à plus de 4 000 mètres d'altitude sur les hauts plateaux du Pérou et du Thibet, se sont adaptées à ces conditions particulières; elles ont une quantité de globules rouges et d'hémoglobine de beaucoup supérieure à la normale et qui augmente considérablement la surface d'absorption de l'oxygène. Des observations récentes faites au mont Rose dans les Alpes ont montré que l'augmentation des globules rouges s'observe seulement à partir de 3 000 mètres, après huit à neuf heures de séjour, à un degré différent suivant les individus; cette hyperglobulie est accompagnée d'une augmentation d'hémoglobine; en redescendant dans la plaine, trente-six heures suffisent pour la faire disparaître.

Lorsque le corps d'un Vertébré est soumis à une brusque diminution de pression, les gaz du sang se dégagent sous la forme de petites bulles microscopiques qui restent dans les capillaires et y forment des sortes de chapelets. Ceux-ci opposent une très grande résistance au courant sanguin, à tel point qu'ils sont capables de l'arrêter subitement et de déterminer ainsi très rapidement la mort.

C'est pour cette raison que les animaux marins vivant aux grandes profondeurs meurent toujours quand on les remonte à la surface.

C'est aussi ce qui explique qu'il est nécessaire de ne ramener que gra-

duellement à la pression atmosphérique, les scaphandriers et les ouvriers qui travaillent au fond des *caissons*. Le caisson est employé couramment aujourd'hui dans les travaux qui s'effectuent sous l'eau (piles de ponts, quais des ports, tunnels sous l'eau, etc.). C'est une caisse métallique ouverte en bas et que l'on fait descendre, en la surchargeant, au point où doivent être effectués les travaux; par la partie supérieure on insuffle de l'air sous pression pour refouler l'eau, après quoi les ouvriers peuvent y descendre et y travailler sous pression. La pression de l'air à insuffler se calcule à raison d'une atmosphère par colonne d'eau de 10 mètres à refouler; il est recommandé de ne pas dépasser 4 atmosphères et demie.

La pression et la décompression doivent se faire lentement pour éviter tout accident chez les ouvriers : ceux-ci avant de descendre pénètrent d'abord dans un compartiment spécial, le *sas à air*, situé à la partie supérieure du caisson et où on augmente progressivement la pression, à raison de 1/10 d'atmosphère à la minute. La sortie ou *déclusage* se fait en sens inverse : les ouvriers remontent dans le sas à air; on ferme la communication avec le fond et à l'aide de robinets on décomprime lentement l'air du sas à raison de 1/10 à 1/15 d'atmosphère par minute. La rapidité doit être d'autant plus faible que la pression est plus élevée; au delà de 3 atmosphères la diminution doit être seulement de 1/20 d'atmosphère par minute.

La ligne du Métropolitain qui passe sous la Seine au Châtelet a été creusée à 15 mètres au-dessous du niveau de l'eau, exigeant une pression supplémentaire de 1 atmosphère et demie.

Pendant la compression il se produit une légère ampliation de la cavité thoracique, des bourdonnements d'oreilles et quelquefois une rupture du tympan que l'on évite en soufflant, la bouche et le nez fermés.

La décompression brusque produit des bourdonnements d'oreilles, quelquefois du vertige de Ménière, des hémorragies, une accélération des mouvements respiratoires et dans les cas les plus graves, l'asphyxie; celle-ci est due, comme nous l'avons dit, à l'arrêt de la circulation provoqué par les nombreuses bulles gazeuses qui se dégagent dans les vaisseaux et dans le cœur.

§ 5. Influence du gaz carbonique sur la respiration. — L'oxygène est le seul élément gazeux essentiel que la matière vivante absorbe pour ses manifestations vitales; elle est faite pour vivre dans l'oxygène et aucun autre gaz ne lui convient.

Si on enferme un animal dans un flacon plein de CO_2 et bien fermé, il ne tarde pas à mourir. Il en est de même si on le plonge dans une atmosphère d'azote ou d'hydrogène. Ces gaz n'ont aucun effet nocif sur les éléments vivants, mais ceux-ci meurent parce que l'oxygène leur manque.

Par contre, d'autres gaz tels que Cl , SO_2 , H_2S , etc., agissent en détruisant les tissus. L'oxyde de carbone CO qui se dégage des réchauds de charbon, amène l'asphyxie parce qu'il se combine d'une façon très stable avec l'hémoglobine du sang et que cette matière colorante ne se trouve dès lors plus libre pour véhiculer l'oxygène dans l'organisme.

L'air qui contient 1/100 de CO est aussi toxique que celui qui renferme 40/100 de CO_2 .

De tous ces gaz l'anhydride carbonique est celui qui est le plus important à considérer, parce qu'il s'en forme constamment dans notre corps et que

l'air dont nous sommes entourés en renferme toujours une certaine proportion.

Son accumulation dans l'air amène l'asphyxie; quand sa pression atteint environ $1/4$ d'atmosphère, il empêche celui du sang de s'échapper, et la mort arrive tout comme si l'animal était plongé dans une atmosphère complète de CO^2 . C'est ce qui se passe dans les pièces insuffisamment aérées et occupées par de trop nombreuses personnes. L'insuffisance d'oxygène ajoute également son action dans ce cas à l'excès de CO^2 .

Le gaz carbonique commence à devenir dangereux à la dose de $4/1000$, c'est-à-dire de 4 litres par mètre cube d'air. Or, comme l'homme rejette à l'heure en moyenne 16 litres de CO^2 , capables de vicier 4 mètres cubes d'air, on conclut que ces quatre mètres cubes représentent le volume minimum d'air qui doit être mis à la disposition d'un adulte. Dans la pratique on élève ce chiffre à 8 et même à 10, parce que la respiration n'est pas la seule cause qui vicie l'air.

Certaines galeries du Métropolitain de Paris renferment de 150 à 170 litres de CO^2 par 100 mètres cubes d'air, soit quatre fois plus que l'air ordinaire.

III. — LA RESPIRATION DANS LA SÉRIE ANIMALE

Nous avons établi, au début de l'étude de la respiration, qu'il y a lieu de distinguer quatre modes de respiration selon les conditions particulières dans lesquelles vit l'animal : la respiration *cutanée*, la respiration *branchiale*, la respiration *pulmonaire* et la respiration *trachéenne*.

§ 1. **Respiration cutanée.** — Elle s'observe en premier lieu chez tous les animaux inférieurs qui sont dépourvus d'appareil respiratoire spécial; l'air en dissolution dans l'eau pénètre directement dans les tissus en traversant la peau, qui joue ainsi le rôle de membrane respiratoire.

Les Protozoaires qui sont des êtres unicellulaires, les Cœlentérés (*méduses, hydres, polypiens*, etc.) ne respirent pas autrement.

Il en est de même des Eponges, des Echinodermes (*oursins, étoiles de mer*), de nombreux Vers marins, des Vers de terre et des Sangsues.

Il suffit d'ailleurs que la peau *soit suffisamment mince et perméable* pour qu'elle soit le siège d'une absorption gazeuse et l'on peut dire que la respiration cutanée se produit, avec une plus ou moins grande intensité, chez tous les animaux sans exception dont le corps n'est pas recouvert d'un revêtement absolument imperméable; elle s'effectue ainsi chez beaucoup d'animaux supérieurs concurremment avec la respiration pulmonaire ou avec la respiration branchiale, car à elle seule elle ne serait pas suffisante pour satisfaire aux besoins de l'organisme. Sans doute elle est extrêmement faible lorsque le corps est recouvert d'écailles ou de plaques osseuses, mais elle est très active chez les Batraciens, dont la peau est toujours mince et absolument nue; c'est ainsi qu'une grenouille peut vivre longtemps par le seul jeu de sa respiration cutanée, une fois qu'on lui a enlevé ses poumons.

Chez l'homme, la peau respire également; on estime que l'oxygène absorbé par cette voie équivaut à peu près à la 125^{e} partie de ce qu'absorbent les poumons, et l'acide carbonique rejeté, à 6 ou 7 grammes par vingt-quatre heures. Le peu d'élévation de ces chiffres tient beaucoup moins

à une insuffisance de perméabilité, qu'à la faiblesse de l'étendue de la surface cutanée; car la surface du corps ne dépasse guère 1 mètre carré et demi, alors que celle de la muqueuse pulmonaire mesure 150 à 200 mètres carrés.

En plaçant dans de l'hydrogène sulfuré des animaux dont la tête seule était à l'air pur, on a constaté des symptômes d'empoisonnement bien caractérisés.

§ 2. **Respiration branchiale.** — Les *branchies* constitue l'appareil respiratoire de tous les animaux aquatiques qui possèdent une membrane respiratoire distincte de la peau.

Une branchie n'est pas autre chose d'ailleurs qu'une partie de la peau qui se prolonge à l'extérieur en forme de saillies plus ou moins accusées, de façon à augmenter notablement la surface respiratoire. De nombreux vaisseaux sanguins circulent à l'intérieur de ces saillies, comme le montre la figure 243; le sang abandonne son CO_2 au milieu extérieur et absorbe l'oxygène de l'air dissous dans l'eau; ces échanges se font à travers la paroi mince de la branchie.

La forme que revêtent les saillies cutanées ou *branchies* est extrêmement variable; ce sont tantôt des filaments simples ou ramifiés, tantôt des sortes de houppes, ou bien encore des lamelles rosées. Toutes flottent librement dans l'eau et leur surface est même recouverte de cils vibratiles qui, par leurs mouvements incessants, contribuent à assurer le renouvellement du liquide à leur contact.

Citons à ce sujet une intéressante particularité que présentent les branchies des Crustacés (*écrevisse, homard, etc.*). Comme elles sont portées à la base des pattes, dont les mouvements suffisent largement pour agiter l'eau et la renouveler au contact des filaments respiratoires, ces derniers sont totalement dépourvus de cils vibratiles, preuve frappante que les organes ne se développent qu'autant qu'ils ont une fonction particulière à remplir (fig. 413).

Les principaux groupes d'animaux à respiration branchiale sont les *Vers*, les *Mollusques* et les *Crustacés* parmi les Invertébrés; chez les Vertébrés, il y a les *Poissons* et les *Batraciens* au moins dans le jeune âge.

1° Les *Vers* renferment de nombreuses espèces qui ne respirent que par la peau : *Sangsue, Ver de terre ou Lombric, Vers parasites tels que les Ténias, nombreux Vers marins*. Mais il y en a également beaucoup qui possèdent des branchies, simples excroissances des téguments en forme de filaments associés en panaches ou en élégantes arborisations. Quand les *Vers* sont *errants*, les branchies sont réparties sur une plus ou moins grande étendue du corps. C'est aussi le cas de l'*Arénicole des pêcheurs* (fig. 260) qui vit enfermé dans un tube en U. Quand, au contraire, les *Vers* sont *sédentaires* et vivent enfermés dans un tube dont ils ne sortent que la tête, les branchies sont localisées au voisinage de cette dernière afin de pouvoir s'épanouir dans l'eau, et elles forment souvent de beaux panaches comme ceux que possèdent les *Serpules* (fig. 260).

2° Les *Mollusques* respirent presque tous avec des branchies; ceux qui, comme l'*Escargot* et la *Limace*, respirent dans l'air sont assez peu nombreux et forment le groupe des *Mollusques pulmonés*.

Lorsqu'on ouvre une Moule ou une Huitre, on trouve à droite et à gauche,

sous chaque valve, une *branchie* formée de deux feuillets très délicats et treillisés, constitués chacun par un très grand nombre de fins filaments entrecroisés à angle droit. L'eau baigne tous ces filaments en passant à travers les interstices qu'ils laissent entre eux (fig. 429).

3° Les *Crustacés* possèdent des branchies qui sont en rapport avec les pattes thoraciques ou avec les pattes abdominales. Chez certains Crustacés inférieurs, les pattes elles-mêmes se transforment en petites lamelles pour servir à la respiration ; chez ceux qui sont plus élevés en organisation,

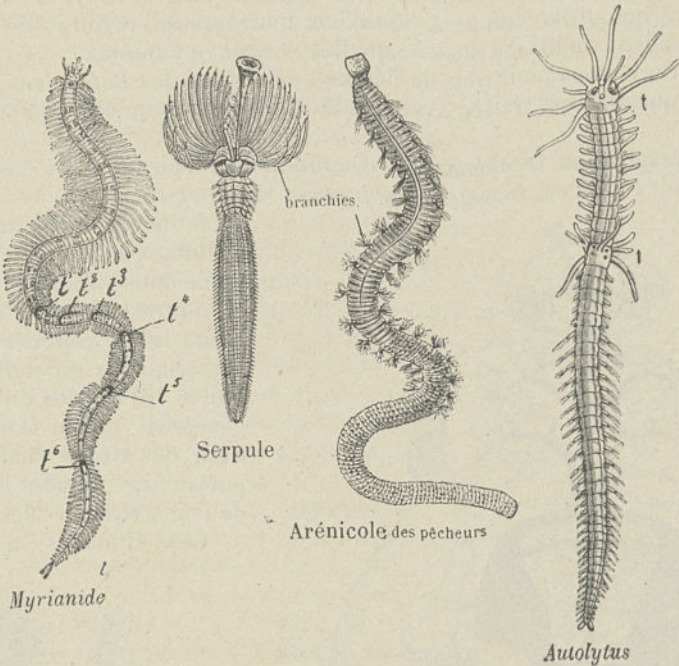


Fig. 260. — Différentes Annélides (Vers).

A droite et à gauche, espèces errantes. Au milieu, deux espèces sédentaires.

comme le *Homard*, l'*Ecrevisse*, etc., il existe des lamelles distinctes des membres et attachées à la base des pattes ambulatoires ; les mouvements de celles-ci assurent le renouvellement de l'eau à la surface des branchies. La carapace qui recouvre à la fois leur tête et leur thorax pend de chaque côté à la façon d'une couverture de lit, limitant à droite et à gauche une cavité où l'eau entre et sort librement et dans laquelle sont abritées les branchies (fig. 413).

4° Les *Poissons* ont des branchies en forme de lamelles logées dans des cavités ou *chambres branchiales*, qui sont situées de chaque côté de la tête et un peu en arrière de la bouche.

Prenons comme exemple la *Carpe* : A droite et à gauche de la tête on trouve une *chambre branchiale* qui n'est pas autre chose qu'une dilatation du pharynx recouverte extérieurement par une plaque osseuse ou *opercule* ; cette dernière laisse en bas une fente par laquelle l'eau s'échappe au dehors

en sortant de la chambre branchiale. Celle-ci renferme quatre petits os courbes ou *ares branchiaux* sur chacun desquels sont fixées deux rangées de lamelles effilées qui représentent une branchie (fig. 474 et 475).

L'eau entre par la bouche, passe dans les chambres branchiales où elle baigne les filaments respiratoires, et s'échappe à l'extérieur par les fentes operculaires (*Pour plus de détails, voir le ch. des Poissons*).

5° Les *Batraciens* présentent des particularités très remarquables en ce qui concerne leur appareil respiratoire, parce que la plupart subissent la première partie de leur évolution dans l'eau et passent le reste de leur vie dans l'air ; quand ils changent de milieu, leur appareil respiratoire s'adapte aux nouvelles conditions dans lesquelles se trouve l'animal.

Nous renvoyons pour plus de détails au chapitre des *Batraciens* (fig. 482) où cette question est traitée avec les développements qu'elle comporte.

§ 3. **Respiration trachéenne.** — Ce mode de respiration est spécial aux Arthropodes aériens, *Insectes*, *Myriapodes* et *Arachnides*.

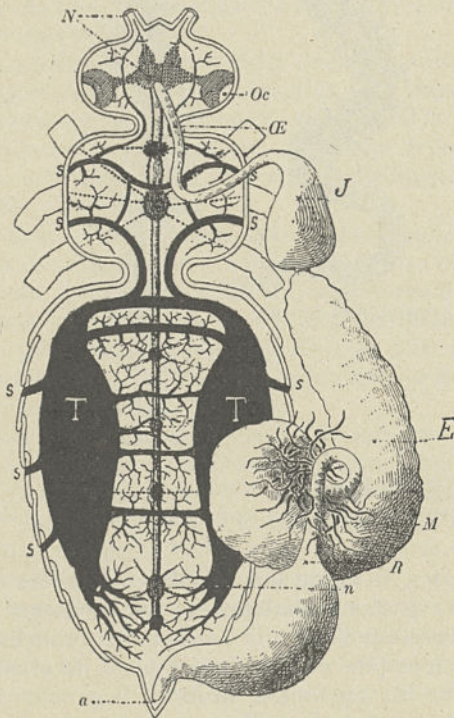


Fig. 261. — Abeille.

s, stigmates par où pénètre l'air extérieur pour se répandre dans les trachées représentées en noir. Deux de celles-ci T et T sont énormément dilatées.

Ici le tégument au lieu de s'allonger au dehors, s'est enfoncé dans l'intérieur du corps et forme une multitude de petits tubes ramifiés ou *trachées*, qui se répandent dans toutes les cavités du corps et pénètrent même dans l'intérieur des tissus, auxquels ils portent directement l'oxygène de l'air extérieur (fig. 261).

Ces trachées communi-

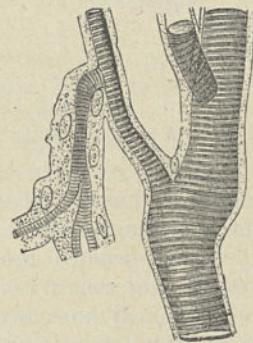


Fig. 262. — Fragment de trachée fortement grossi,

A l'extérieur, membrane épithéliale très fine ; en dedans membrane de chitine à épaississements spirales.

quent avec l'extérieur par des orifices ou *stigmates* disposés le plus souvent par paires sur chaque anneau de l'abdomen (s, fig. 261). Comme il est nécessaire qu'elles soient toujours maintenues béantes pour permettre la

libre circulation de l'air, leur paroi cellulaire est doublée en dedans d'une membrane rigide en *chitine*, qui est le prolongement de la chitine qui recouvre toute la surface du corps.

Cette membrane possède même des épaissements spirales qui en augmentent encore la rigidité (fig. 262).

Il est facile de se rendre compte qu'une telle disposition est exactement l'inverse de celle que réalisent les poumons : un poumon est un réservoir d'air où le sang va puiser à chaque instant l'oxygène qu'il distribuera ensuite aux tissus ; au contraire, chez les Insectes, l'air est conduit directement par les trachées au contact de tous les tissus, et le sang ne joue plus du tout de rôle fondamental pour ce qui concerne le transport de l'oxygène.

§ 4. **Respiration pulmonaire.** — Elle est spéciale à tous les animaux qui vivent dans l'air, en faisant exception pour les animaux aériens à respiration trachéenne dont nous venons de parler.

Beaucoup de *Batraciens* à l'état adulte, tous les *Reptiles*, les *Oiseaux* et les *Mammifères* sont pourvus de poumons. Nous établissons plus loin (*Voir les caractères généraux des Vertébrés*) les faits qui montrent que toutes ces formes à poumons dérivent d'ancêtres à respiration branchiale.

Dans tous les cas, un poumon est comme chez l'homme un simple diverticule de l'œsophage, dont le fond se subdivise en vésicules plus ou moins spacieuses et plus ou moins nombreuses, afin d'augmenter l'étendue de la surface respiratoire.

Chez les *Batraciens* et les *Reptiles*, ce sont de simples poches subdivisées en un petit nombre de compartiments et dans lesquelles les bronches s'ouvrent à plein, sans s'y ramifier (fig. 263 et 485).

Ceux des *Oiseaux* sont beaucoup plus différenciés ; ils possèdent de très nombreuses vésicules qui rappellent celles des Mammifères, et les deux bronches s'y subdivisent un très grand nombre de fois (fig. 242) De plus le travail musculaire de ces animaux pendant le vol étant considérable, il exige une très grande quantité d'oxygène, c'est-à-dire une respiration très active ; aussi les poumons sont-ils accompagnés de *neufs sacs aériens*, véritables réservoirs d'air qui envoient même des prolongements dans l'intérieur des os.

Nous renvoyons au chapitre *des Oiseaux* pour l'étude détaillée de la respiration chez ces animaux (fig. 502).

Enfin les *Mammifères* possèdent des poumons qui ressemblent en gros à ceux de l'homme. Notons seulement que quelques-uns d'entre eux, les Cétacés (*baleine, marsouin, dauphin*) et les Amphibiens (*phoque et morse*), vivant dans l'eau, sont obligés de venir respirer à la surface. Toutefois grâce à des renflements situés sur le trajet de certains de leurs vaisseaux sanguins, ils ont une grande réserve de sang et par conséquent d'oxygène, de

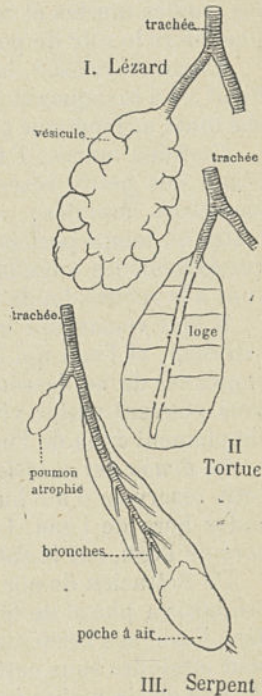


Fig. 263. — Poumons des Reptiles.

sorte qu'ils peuvent rester près d'une demi-heure dans l'eau sans respirer.

Tous les faits qui précèdent montrent que l'appareil respiratoire prend une forme en rapport avec le milieu dans lequel vit l'animal et telle que les échanges gazeux puissent s'effectuer facilement. Il n'y a pas en effet d'organes qui soient plus plastiques que les membranes respiratoires, et nous avons vu comment elles se transforment facilement chez les Batraciens, tels que la grenouille, qui passent une partie de leur existence dans l'eau et une autre dans l'air. On connaît même d'assez nombreux animaux qui, lorsqu'ils se trouvent accidentellement changés de leur milieu normal, modifient leur respiration en conséquence.

L'exemple le plus typique est fourni par les *Poissons dipneustes* qui vivent dans des lacs et des cours d'eau de l'Australie et de l'Afrique centrale, que les fortes chaleurs dessèchent très fréquemment. En temps ordinaire ils respirent avec leurs branchies; pendant la saison sèche ils se cachent sous les feuilles mortes et respirent l'air extérieur avec leur *vessie natatoire* qui joue alors le rôle de poumon (fig. 480).

Un autre poisson, la *Loche des étangs*, s'enfonce dans la vase quand l'eau vient à lui manquer et respire à l'aide de son tube digestif, qui s'adapte alors sur toute sa longueur à la fonction respiratoire.

Certains autres, l'*Anguille* et l'*Anabas*, possèdent dans les os de leur crâne des petits réservoirs d'eau qui s'écoule sur leurs branchies et les maintient humides; cette disposition permet ainsi à ces poissons de rester un temps parfois considérable hors de l'eau; lorsque les étangs se dessèchent, les anguilles circulent dans les prairies couvertes de rosée et vont à la recherche de l'eau.

Il faut remarquer que dans ces conditions, ces poissons absorbent l'air extérieur, et l'eau qui imprègne leurs branchies a surtout pour effet de les empêcher de se dessécher. Chacun sait d'ailleurs que la plupart des poissons peuvent rester vivants plusieurs heures lorsqu'on les maintient tout simplement dans de l'herbe humide.

Le *Crabe des cocotiers* possède, comme l'anguille, sous sa carapace, un petit réservoir d'air humide qui lui permet d'effectuer de longues promenades hors de l'eau. Les petits Crabes de nos côtes restent parfaitement hors de l'eau, sur le sable, pendant la basse mer.

Un Batracien de nos pays, le *Triton*, possède normalement des branchies pendant sa phase de *têtard* qui dure trois ans. Mais si on l'oblige à rester dans l'eau, ses branchies persistent parfaitement au delà de trois ans et il peut atteindre sous cette forme l'état adulte et pondre ses œufs. La même chose s'observe chez un Batracien du Mexique, l'*Axolotl* (fig. 460), qui garde ses branchies externes tant qu'il vit dans l'eau, tout en ayant des poumons qu'il utilise quand l'eau vient à faire défaut; ses branchies entrent alors en régression.

La *vie fixée* et la *vie pélagique* ont aussi une grande influence sur le développement de l'appareil respiratoire. D'une manière générale l'animal pélagique, c'est-à-dire qui voyage dans l'eau, renouvelle constamment en se déplaçant l'eau qui est au contact de son corps et n'a pas d'autre appareil respiratoire que ses téguments ou n'en possède qu'un relativement peu développé.

Au contraire l'animal qui vit *fixé* et court par conséquent le risque de ne pas voir l'eau se renouveler suffisamment à sa surface, prend toujours des

branchies très développées. C'est ainsi que la plupart des Vers errants ne respirent guère que par la peau, tandis que les sédentaires, comme les Serpules (fig. 260), possèdent une très forte houpe de filaments branchiaux.

Les Mollusques (huitres, moules, etc.) qui ne se déplacent que très peu ont des branchies présentant une surface respiratoire considérable ; leurs larves sont au contraire mobiles et ne respirent que par la peau.

Il en est de même des Tuniciers ; leurs larves sont pourvues d'une queue et se déplacent très activement dans l'eau ; elles ne respirent que par la peau et quelques fentes branchiales. Mais quand, un peu plus tard, elles se fixent sur une pierre ou une algue, la partie antérieure de leur tube digestif se renfle énormément et se perce de très nombreuses fentes par lesquelles l'eau circule pour assurer la respiration (fig. 456).

CHAPITRE VII

PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX DE LA NUTRITION

ASSIMILATION ET DÉASSIMILATION

L'*assimilation* est l'acte par lequel la matière protoplasmique vivante s'incorpore les substances alimentaires et leur fait éprouver de profondes modifications pour en faire d'autre matière vivante qui s'ajoute à la première.

Cette assimilation est préparée par les grandes fonctions de la *Digestion*, de la *Respiration* et de la *Circulation* que nous venons d'étudier, et il nous suffira de présenter le tableau d'ensemble de ces différentes fonctions pour voir comment elles concourent à assurer la nutrition générale de l'être.

1° Les substances alimentaires ne peuvent être absorbées par les cellules, ainsi que nous l'avons déjà vu (p. 212), que si elles se trouvent sous un état chimique déterminé. C'est pour cela qu'elles subissent une *digestion* préalable qui leur donne la forme chimique qui convient au protoplasma pour qu'il puisse s'en nourrir.

Ces substances alimentaires absorbables, *glucoses*, *graisses*, *peptones* et *albumoses* sont toutes fournies par les animaux ou les végétaux. Il faut y ajouter les boissons et les sels divers qui ne subissent pas de transformations préalables.

Toutes ces substances dissoutes et digérées traversent les parois intestinales, puis pénètrent ensuite plus ou moins directement dans le sang qui les charrie dans la profondeur de tous les tissus, en circulant dans les capillaires. Le plasma sanguin filtre à travers les parois de ces capillaires, baigne toutes les cellules et chacune y puise les substances dont elle a besoin, graisses, glucoses ou substances albuminoïdes.

2° D'autre part, l'oxygène est également un élément indispensable à la vie cellulaire. L'air extérieur remplit constamment les poumons, et le sang vient y puiser, en un courant continu, l'oxygène qui se combine avec l'hémoglobine et qui est ensuite transporté sous cette forme au contact de tous les éléments cellulaires. Le sang sert ainsi de véhicule non seulement aux substances alimentaires de tout ordre, mais encore à l'oxygène.

3° Une fois que tous les éléments d'origine externe ont pénétré dans l'intérieur de la cellule, où ils sont conduits les uns et les autres par le sang, l'*énergie* particulière inhérente au protoplasme vivant leur fait éprouver des transformations très complexes, sur lesquelles nous sommes malheureusement loin d'être fixés d'une manière complète.

Les seuls grands faits précis que nous connaissons, c'est qu'en définitive, toutes ces réactions diverses engendrent une nouvelle quantité de matière vivante, protoplasme et noyaux, qui s'ajoute à la première.

C'est cette création de matière vivante aux dépens de substances primitivement inertes qui caractérise essentiellement l'*assimilation*.

Un fait important à noter, c'est que les cellules ne puisent pas indifféremment dans le sang toutes les substances nutritives qu'il charrie; elles font leur choix: les muscles consomment en particulier des graisses et des sucres; la matière nerveuse absorbe surtout des aliments azotés. Mais il ne s'agit là, bien entendu, que d'une *différence quantitative*, car tous les éléments vivants quels qu'ils soient, ont besoin d'aliments azotés dans lesquels ils trouvent l'azote nécessaire à la synthèse de leurs composés albuminoïdes.

4° L'oxygène prend une part très importante dans les réactions intracellulaires: il oxyde les substances alimentaires incorporées dans les cellules, principalement les graisses et les glucoses, et produit ainsi de l'eau et de l'anhydride carbonique, *avec dégagement de chaleur*.

Les matières albuminoïdes subissent également des oxydations qui paraissent être plus faibles que celles des substances ternaires, mais qui donnent lieu, par des dédoublements successifs, à des produits très complexes, la plupart de nature azotée, et dont les principaux sont l'*urée*, l'*acide urique*, l'*acide glycocholique* et même de la glucose.

Mais, chose capitale, l'oxydation exercée par l'air ne se porte pas seulement sur les substances ternaires et azotées d'origine alimentaire, *mais encore sur la matière vivante elle-même*.

L'oxygène que le sang distribue constamment dans nos tissus leur fait éprouver une lente oxydation et les détruit régulièrement, en produisant encore du CO^2 et surtout des déchets azotés, urée, acide urique, acide glycocholique, etc.

Ces oxydations et cette destruction continues de la matière vivante constituent la *désassimilation* et montrent la dépendance étroite de l'organisme avec le milieu extérieur; elles sont même nécessaires pour la vie cellulaire, puisque l'animal meurt dès qu'on le soustrait à l'action de l'oxygène en l'enfermant dans un gaz inerte, hydrogène ou azote.

Tandis que le protoplasme et les matières assimilées se détruisent ainsi avec une rigoureuse continuité, le protoplasme en régénère d'autre d'une manière non moins continue aux dépens des substances alimentaires qui lui arrivent du milieu extérieur.

Dans le jeune âge, la synthèse de la matière vivante l'emporte sur l'usure ou la désassimilation; il y a accumulation de protoplasme et croissance de l'être. — A l'état adulte, l'assimilation et la désassimilation se font sensiblement équilibre et le corps restationnaire. — Dans la vieillesse, l'assimilation perd de son intensité et n'arrive plus à compenser les pertes; il y a dépérissement graduel.

Mais il faut bien remarquer que dans cette série d'actions chimiques intracellulaires, il n'y a ni *création* ni *destruction* au sens propre de ces mots, mais tout simplement *transformation* plus ou moins complexe d'éléments existant déjà. Chaque être, au début de son existence, n'est en somme qu'une certaine masse de matière vivante qui s'est détachée d'une autre masse préexistante de même nature et dont l'origine première nous échappe absolument.

Cette matière s'accroît] progressivement, c'est-à-dire que tout l'être se développe en prenant dans le milieu extérieur des substances inertes (ali-

ments et oxygène), qui lui sont fournis par les trois règnes et qu'elle transforme de façon à en faire de la nouvelle matière vivante.

Celle-ci se détruit partiellement elle-même dans les réactions dont elle est le siège, et retourne à l'état d'éléments minéraux, eau, acide carbonique, urée, etc. Puis à un moment donné, elle perd totalement la faculté d'absorber et de procéder à des synthèses régénératrices : c'est la mort.

L'oxygène de l'air et surtout des myriades d'êtres microscopiques, bactéries et infusoires, s'attaquent alors à cette matière organique, la décomposent de multiples manières, et la réduisent finalement d'une façon complète à des corps relativement simples, eau, acide carbonique, acide sulfurique, ammoniac, etc., qui se répandent dans l'air ou se combinent avec des éléments du sol pour donner des sels minéraux. Il est démontré en particulier que toute matière albuminoïde qui se décompose dans ces conditions, donne des azotates de chaux, de potasse, de soude, etc., selon la nature du terrain où s'effectuent les décompositions.

Et c'est ainsi que la matière primitivement organisée et vivante redevient tout simplement de la matière minérale !

Or, les végétaux se nourrissent essentiellement d'éléments minéraux qu'ils empruntent soit à l'air, soit au sol : leurs parties vertes absorbent CO_2 de l'air, dans lequel le végétal trouve le carbone nécessaire à la synthèse de tous ses produits ternaires, amidon, cellulose, sucre, lignine, etc. D'autre part, leurs racines puisent dans le sol des matières minérales et en particulier des azotates, de ces azotates dont nous indiquions tout à l'heure l'origine organique, et qui, une fois incorporés, subissent des réductions complexes ayant pour objet de fournir finalement l'azote nécessaire à la synthèse du protoplasme végétal.

En d'autres termes, les végétaux font de la matière organique avec des substances inorganiques. Ils se développent ainsi tout entiers aux dépens de substances minérales qu'ils transforment profondément pour en faire de la matière vivante.

Les animaux, de leur côté, empruntent leurs aliments soit aux végétaux, soit à d'autres animaux, *c'est-à-dire qu'ils absorbent des matières organiques* qu'ils digèrent et qu'ils incorporent à leur matière vivante.

Les végétaux fabriquent la matière organique et les animaux en sont les destructeurs.

Nous voyons ainsi une certaine somme d'éléments chimiques entrer dans des combinaisons plus ou moins complexes, tantôt incorporés par le protoplasme végétal ou animal et transformés eux-mêmes en matière vivante, tantôt faisant retour au monde minéral pour être ensuite assimilés de nouveau par des êtres vivants et servir à leur synthèse. La matière se transforme, devient successivement inerte puis organisée, mais reste constante comme quantité.

C'est la *circulation de la matière* de Lavoisier, le *tourbillon vital* de Cuvier, phénomènes dominés par ce fait que des éléments minéraux abandonnés à eux-mêmes, en face des seules forces physiques externes actuelles, sont dans l'impossibilité de s'organiser en matière vivante ; il n'y a que la matière déjà vivante qui possède l'*énergie* capable de s'assimiler ces éléments et d'en faire de nouvelle substance organique.

Les phénomènes de nutrition tels que nous venons de les exposer, entraînent avec eux un certain nombre de conséquences.

D'abord, les différents produits de *désassimilation* ne peuvent pas s'accumuler sans danger dans l'organisme ; ils sont nuisibles au protoplasme, incapables d'être assimilés de nouveau et amèneraient rapidement la mort. Ils doivent être expulsés régulièrement en dehors et sont ainsi qualifiés pour cette raison d'*excrétions*. Nous possédons des organes spéciaux, reins, foie, etc., qui sont chargés particulièrement de cette fonction d'excrétion.

Certains autres, le *corps thyroïde* (p. 392) et les *capsules surrénales* (p. 390) paraissent produire des substances antitoxiques qui neutralisent des substances toxiques provenant de la vie cellulaire.

D'autre part, il arrive presque toujours que les substances alimentaires introduites dans l'organisme sont supérieures aux besoins de la consommation et qu'elles ne sont pas immédiatement utilisées par le protoplasme. Elles s'emmagasinent pour ainsi dire dans certaines régions du corps et constituent de véritables *réserves alimentaires*, dans lesquelles l'organisme puise lorsque l'alimentation devient insuffisante.

Enfin, les oxydations internes sont toujours accompagnées de la production d'une certaine quantité de chaleur qui entretient la température normale du corps ; elles sont la source de la *chaleur animale*.

Il nous reste donc à passer en revue ces trois questions spéciales, les *excrétions*, les *réserves alimentaires* et la *chaleur animale*, qui sont les conséquences naturelles de la nutrition.

Liste des organes d'excrétion. — Disons tout de suite que l'on donne le nom général de *sécrétion* au travail chimique qui se produit dans l'intérieur de certaines cellules, à la suite duquel de nouvelles substances sont élaborées ; par extension on applique la même dénomination aux produits mêmes qui sont engendrés par les cellules.

Les cellules sécrétrices sont presque toujours groupées en masses plus ou moins volumineuses formant des *glandes* (glandes salivaires, etc.).

Tout produit de sécrétion est engendré par les cellules sécrétrices aux dépens d'éléments que leur fournit le sang. Lorsqu'une glande fonctionne, les capillaires qui l'accompagnent sont toujours dilatés sous l'action des vaso-moteurs et amènent une plus grande quantité de plasma, dans lequel les cellules sécrétrices puisent les éléments dont elles ont besoin.

Les substances ainsi dues à l'activité cellulaire peuvent se diviser en deux catégories : 1° celles qui sont retenues par l'organisme qui les utilise pour une fonction utile, telles que la salive, le suc gastrique, etc. et que l'on peut appeler les *sécrétions proprement dites* ; 2° celles qui sont nuisibles et qui représentent de véritables déchets de l'organisme, provenant de la désassimilation constante dont nous parlions plus haut. C'est à ces produits de déchets que l'on réserve le nom spécial d'*excrétions*.

Nous possédons des organes spéciaux dont les cellules ont pour fonction essentielle de puiser ces excrétions dans le sang et de les éliminer au dehors.

Ce sont les *poumons* qui éliminent CO_2 et de la vapeur d'eau ; le *foie*, qui élimine certains déchets azotés qui constituent la bile ; les *reins* et les *glandes sudoripares* qui éliminent d'autres déchets azotés qui sont les principes de l'*urine* et de la sueur.

Nous avons vu par quel mécanisme les poumons excrètent l'anhydride carbonique (p. 350) ; étudions maintenant les autres organes excréteurs, foie, reins et glandes sudoripares.

CHAPITRE VIII

LE FOIE

§ 1. **Description du foie.** — Le foie est une grosse masse charnue d'un brun rouge qui occupe, sous le diaphragme, toute la partie supérieure de la cavité abdominale ; c'est le plus volumineux des viscères abdominaux ; il

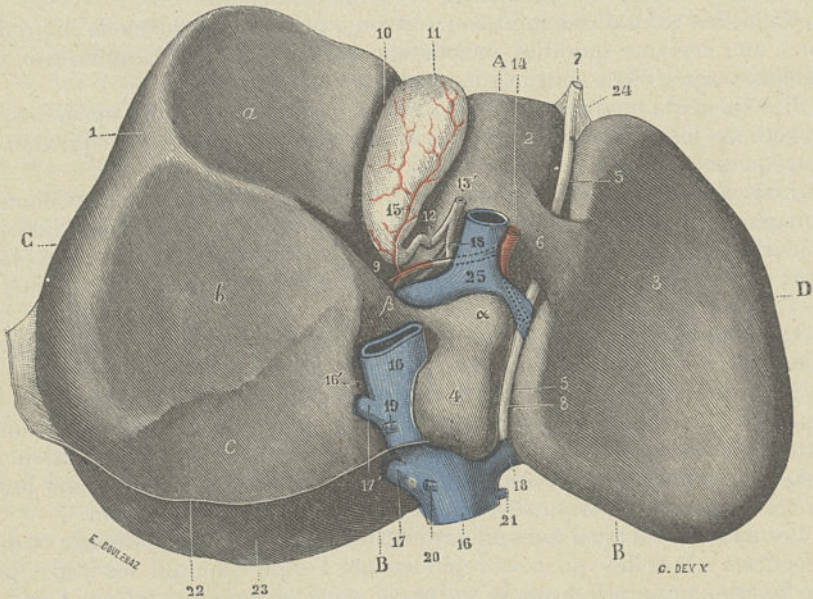


Fig. 264.

Le foie, vu par sa face inférieure ou face concave. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

Le bord antérieur a été relevé vers le haut. — A, bord antérieur. — B, bord postérieur. — C, côté droit. — D, côté gauche.

1, lobe droit. — 2, lobe antérieur ou lobe carré. — 3, lobe gauche. — 4, lobe postérieur ou de Spiegel. — 5, sillon antéro-postérieur de gauche. — 9, sillon transverse (hile du foie). — 10 et 10', sillon antéro-postérieur de droite.

Canaux biliaires : 11, vésicule biliaire recevant la bile par le canal cystique 12 ; celle-ci sort du foie par le canal hépatique 13 et se rend dans l'intestin par le canal cholédoque 13'.

Vaisseaux sanguins : 14, artère hépatique avec une branche 15 qui se rend sur la vésicule biliaire. — 16, veine cave inférieure dans laquelle débouchent les deux veines hépatiques droites 17 et 17' et la veine hépatique gauche 18. — 25, tronc de la veine porte se subdivisant en deux branches principales.

pèse de trois à quatre livres. Sa forme est irrégulière : sa portion droite est très volumineuse et il va en s'amincissant du côté gauche, où il surmonte la grande tubérosité de l'estomac ; c'est cette tubérosité qui, se dilatant considérablement pendant les repas, repousse la partie gauche du foie et l'empêche de prendre un aussi grand développement que du côté droit.

Sa face supérieure étant adjacente au diaphragme, présente une forme régulièrement convexe et absolument lisse; par contre sa face inférieure et concave est parcourue par trois sillons en forme d'H, deux antéro-postérieurs qui s'étendent du bord antérieur au bord postérieur du foie, et un transversal qui relie les milieux des deux autres. Ces trois sillons subdivisent ainsi le foie en quatre portions ou *lobes*, savoir : le *lobe droit*, qui est le plus volumineux; le *lobe gauche* qui se termine en pointe et confine à la rate; le lobe antérieur ou *lobe carré* et le lobe postérieur ou de *Spiegel* (fig. 264).

Remarquer que ces sillons, bien que très accusés, ne sont cependant pas

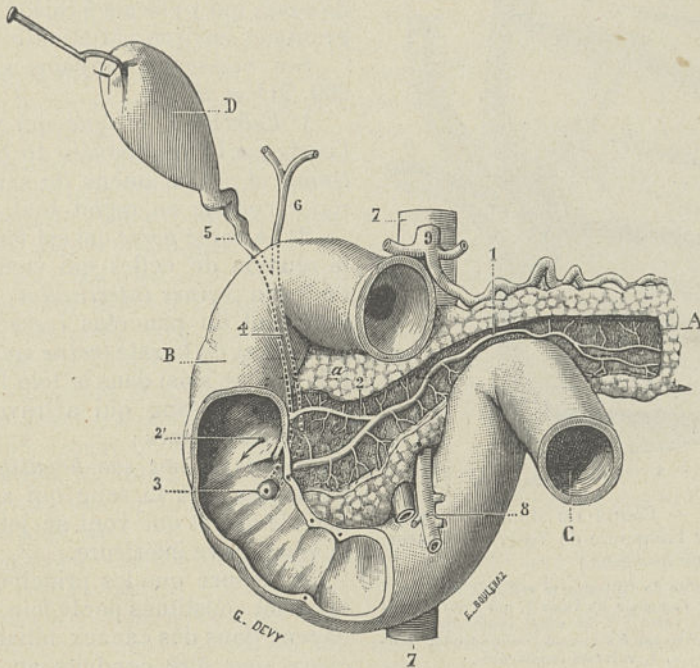


Fig. 265. — (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

Figure montrant le trajet des canaux biliaires. La bile sort du foie par le canal hépatique 6. Elle sort de la vésicule biliaire D par le canal cystique 5 et le canal cholédoque 4, qui la déverse dans l'intestin à l'ampoule de Vater 3.

A, pancréas. — B, duodénum. — 7, aorte. — 9, tronc cœliaque.

profonds au point de subdiviser le foie en portions absolument distinctes comme cela se voit chez certains animaux; les quatre lobes se tiennent d'un bout à l'autre et ne sont discernables qu'en regardant l'organe par sa face inférieure concave; sa face supérieure convexe est absolument lisse et sans la moindre solution de continuité ou la moindre trace de sillon.

§ 2. **Canaux biliaires et vaisseaux sanguins.** — Le foie est essentiellement un *organe épurateur* chargé de puiser dans le sang, pour les rejeter au dehors, certaines substances de déchet qui prennent naissance d'une façon continue dans l'organisme et qui ne sauraient s'y accumuler sans amener des désordres graves. Les cellules vivantes sont, avons-nous dit, le siège de réactions chimiques incessantes par lesquelles elles élaborent en parti-

culier, aux dépens des substances alimentaires, du nouveau protoplasme pour remplacer l'ancien qui se détruit dans ces mêmes réactions; les tissus sont ainsi en perpétuelle usure et en perpétuel rajeunissement et les déchets sont entraînés par le sang à mesure de leur formation.

Or le foie a pour rôle de puiser dans le liquide sanguin certaines catégories de ces déchets; il en forme lui-même dans ses propres tissus, et il les rejette tous de l'organisme sous la forme de bile, par l'intermédiaire de conduits spéciaux ou *canaux biliaires*. Il

reçoit à cet effet une énorme quantité de sang, qui y circule à raison de 1 500 grammes environ par minute.

Ses vaisseaux sanguins sont (fig. 209, 211 et 264) :

1° *L'artère hépatique* qui vient de l'aorte par l'intermédiaire du *tronc cœliaque* et qui lui amène du sang nourricier comme en reçoit tout organe;

2° *La veine porte* qui est formée par la réunion de celles qui viennent de l'intestin (*veines intestinales*), de l'estomac et du pancréas (*veine stomacique*) et de la rate (*veine splénique*). Elle amène ainsi dans le foie l'énorme quantité de sang qui a traversé ces différents organes;

3° *Les veines sus-hépatiques* par lesquelles sort le sang qui a circulé dans le foie et qui vont se jeter dans la veine cave inférieure.

A mesure que les principes de la bile sont constitués par le foie, ils s'engagent dans des canaux biliaires spéciaux pour être conduits au dehors.

Ces canaux sont (fig. 265) :

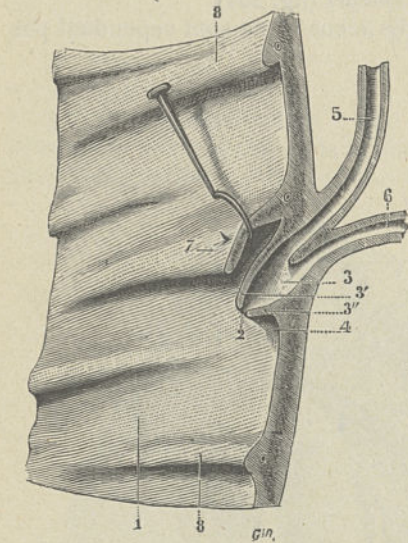


Fig. 266. — Coupe du duodénum pour montrer l'ampoule de Vater (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

La muqueuse de l'intestin se réfléchit en 3' et 3'' pour former l'ampoule de Vater 3, qui s'ouvre dans l'intestin par l'orifice 2. Le canal cholédoque 5, et le canal de Wirsung 6 s'ouvrent simultanément dans l'ampoule. — 7, 8, valvules conniventes.

Le *canal hépatique* qui sort du foie par deux branches, 6, et qui, après un trajet descendant de 2 à 4 centimètres, se subdivise en deux autres conduits, savoir :

1° Le *canal cystique*, 5, qui emmène la bile dans une espèce d'ampoule allongée (7 à 8 cm.) appelée la *vésicule biliaire* ou *vésicule du fiel*, située comme tous les autres conduits à la face inférieure du foie, et dont le fond déborde un peu en avant du sillon antéro-postérieur de droite (11, fig. 264 et 265, D);

2° Le *canal cholédoque*, 4, qui est large comme une plume d'oie et qui après un trajet de 6 à 8 centimètres va s'ouvrir dans le duodénum en même temps que le canal pancréatique (3, fig. 265);

Avant de s'ouvrir dans l'intestin, il rampe d'abord le long du duodénum, sur 2 centimètres environ, en s'encastrant entre la membrane muqueuse et la membrane musculaire de ce dernier, après quoi il s'accôle à l'extrémité du canal pancréatique et s'ouvre en même temps que ce dernier au fond de l'*ampoule de Vater* (fig. 266).

Dans l'intervalle des repas la bile s'accumule dans la vésicule biliaire ; elle quitte cette dernière, dont les parois sont musculaires et par conséquent contractiles, pour s'écouler dans l'intestin au moment où les aliments y arrivent eux-mêmes en sortant de l'estomac.

Tous les vaisseaux sanguins du foie ainsi que les canaux biliaires pénètrent dans cet organe ou en sortent dans la région du sillon transverse, à la face inférieure, région qu'on désigne encore sous le nom de *hile* du foie.

§ 3. **Structure du foie.** — Le foie est d'abord entouré extérieurement par le *péritoine* qui lui forme une sorte de poche comme aux autres viscères de l'abdomen (fig. 177) ; puis en dedans de cette séreuse, à la surface même du foie, se trouve une membrane conjonctive particulière qui est intimement adhérente à la substance de l'organe, dont elle représente pour ainsi dire la *peau*, et qu'on appelle la *capsule de Glisson*.

Enfin cette dernière envoie à son tour dans l'intérieur du foie un très grand nombre de fines cloisons conjonctives qui s'enchevêtrent et subdivisent la substance hépatique en une infinité de petites granulations de la grosseur d'un grain de millet (1 mm. environ de diamètre), auxquelles on donne le nom de *lobules hépatiques*. C'est de là que vient l'aspect granuleux de la chair du foie, qui n'est en somme qu'une agglomération de ces *lobules*.

Aussi pour achever l'étude de la structure du foie, nous contenterons-nous de voir quelle est l'organisation de chacun de ses lobules constituants ; pour cela il suffira de se rappeler que dans chacun d'eux on trouve les mêmes vaisseaux sanguins et les mêmes conduits biliaires que nous avons signalés précédemment, et qui viennent y étaler leurs dernières ramifications. On y trouve en détail (fig. 267) :

1° Autour du lobule une *cloison conjonctive* qui n'est pas autre chose que l'un des fins prolongements de la capsule de Glisson que nous avons signalée plus haut ;

2° Dans cette cloison cheminent des ramifications de l'*artère hépatique* (4) et de la *veine porte* (1), qui toutes les deux amènent du sang dans le foie ; ces ramifications périphériques en envoient à leur tour d'autres plus fines dans l'intérieur même du lobule, où elles forment deux réseaux de vaisseaux capillaires, l'un veineux, l'autre artériel.

Quand ce dernier a abandonné en partie ses principes nutritifs et qu'il est devenu veineux à son tour, les deux réseaux n'en forment pour ainsi dire plus qu'un seul, dont les mailles se réunissent au centre même du lobule et forment un nouveau petit conduit (2) qui est une des racines des veines sus-hépatiques : Ce sont en effet toutes les petites veines centrales qui se déversent les unes dans les autres et qui forment finalement les *veines hépatiques* par lesquelles le sang sort du foie ;

3° Les mailles de ces différents réseaux sanguins sont occupées uniquement par des *cellules hépatiques* (9), de forme ovale ou polyédrique, qui constituent la partie vraiment fondamentale de l'organe. Elles s'imprègnent des éléments que lui apporte la grande quantité de sang au milieu duquel elles sont plongées, et y puisent, par un travail particulier dont elles sont le siège, certains principes de la bile ; elles engendrent elles-mêmes d'autres : elles représentent bien la partie réellement active du foie et forment à elles seules les trois quarts de la masse de l'organe ;

4° Ces cellules n'ont pas de membrane et ne se touchent pas ; elles lais-

sent entre elles des petits intervalles (7) comparables à de fins canaux qui les sépareraient les unes des autres. A mesure qu'elles élaborent les principes de la bile, elles les rejettent de leur intérieur et les déversent dans ces intervalles qui jouent aussi le rôle de véritables canaux d'écoulement ; ils sont désignés pour cette raison sous le nom de *canalicules biliaires intra-lobulaires*, bien qu'ils manquent de parois propres et qu'ils ne représentent que des espaces restés libres entre les cellules hépatiques.

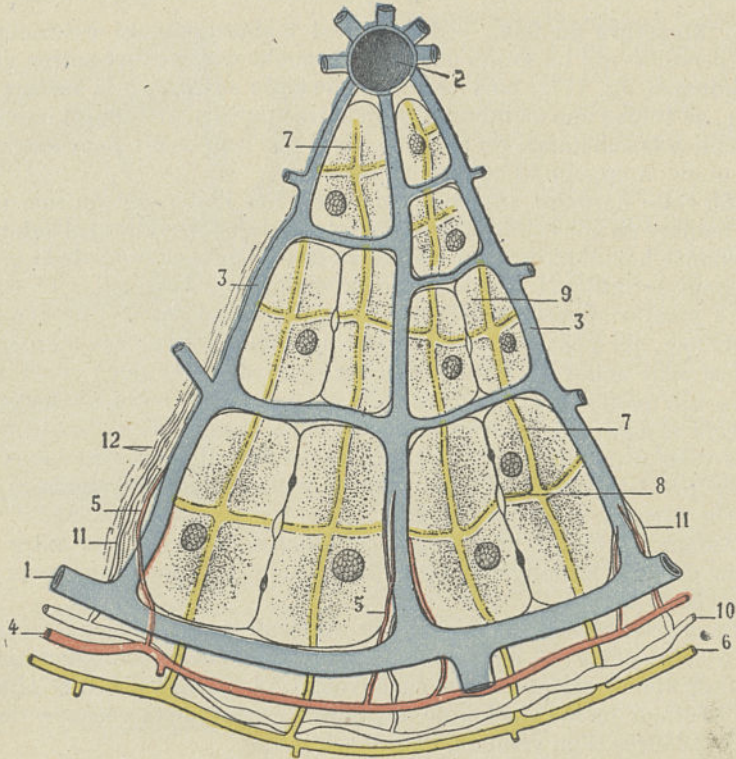


Fig. 267. — Schéma d'un lobule hépatique (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

Vaisseaux sanguins. Autour du lobule circulent : 1° une ramification de la veine porte 1, qui se résout en un réseau 3, dans l'intérieur du lobule ; 2° une ramification de l'artère hépatique 4, qui se résout également, dans l'intérieur du lobule, en un réseau qui n'a pas été dessiné en entier ; 3° ces deux réseaux se réunissent au centre du lobule, en 2, pour former l'une des racines d'une veine hépatique.

Conduits biliaires. Les cellules hépatiques 9, laissent entre elles des espaces libres 7 (en jaune) qui sont les *canalicules intra-lobulaires* ; ceux-ci se déversent à la périphérie du lobule dans un *canalicule périlobulaire* 6 ; 10, vaisseaux lymphatiques périlobulaires recevant les lymphatiques 13, de l'intérieur du lobule.

De là, la bile se dirige vers la périphérie du lobule et s'engage ensuite dans un autre conduit (6) qui, lui, possède des parois propres et fait le tour du lobule, logé dans la membrane conjonctive qui limite ce dernier : d'où son nom de *canalicule biliaire périlobulaire*.

Tous les canalicules de cet ordre s'anastomosent les uns avec les autres et forment finalement les deux branches du *canal hépatique* par lesquelles la bile sort du foie.

En somme, la masse du foie n'est guère formée que de riches réseaux sanguins abritant des cellules qui ont la propriété d'extraire la bile du sang,

avec une multitude de petits canaux internes chargés de conduire cette bile à l'extérieur.

Structure de la cellule hépatique. — La cellule hépatique, élément vraiment actif et fondamental du foie, présente quelques caractères particuliers. Elle n'a pas de membrane, mais possède souvent plusieurs noyaux, preuve d'une grande vitalité ; son protoplasma abondant et finement granuleux renferme toujours trois substances différentes :

1° Des petites granulations qui donnent à la bile sa coloration particulière (*pigment biliaire*) ;

2° Des gouttelettes graisseuses, qui finissent par envahir toutes les cellules dans le foie des oiseaux que l'on engraisse (foie gras des oies du Périgord) et lui donnent une teinte jaune pâle ;

3° Une espèce d'amidon animal ou *glycogène* $C^6H^{10}O^5$ qui se trouve répandu comme une sorte d'huile dans le protoplasme ; par l'action de l'alcool il se précipite sous la forme de petites granulations que la teinture d'iode colore en rose et non en bleu comme l'amidon végétal. Cet amidon représente une réserve nutritive que nous étudierons un peu plus loin en détail.

FONCTIONS DU FOIE

Le foie est essentiellement, avons-nous dit, un organe épurateur de l'organisme, qu'il débarrasse de certaines substances de déchet engendrées continuellement par la vie des cellules et qu'il rejette au dehors sous la forme de *bile*.

Mais son action ne se borne pas là. Dans ces dernières années on a mis en évidence le rôle important qu'il joue dans la destruction des *toxines* et de certains poisons introduits accidentellement dans le tube digestif.

C'est également lui qui débarrasse le sang de ses vieux globules rouges usés et la matière colorante de la bile provient de la destruction de l'hémoglobine de ces globules.

Dans le même ordre d'idées, il prend une part très active à l'élaboration de l'*urée*, autre substance de désassimilation que les reins rejettent au dehors par l'*urine*.

D'autre part comme la bile ne se déverse pas directement à l'extérieur à la manière de l'*urine*, par exemple, mais qu'elle débouche dans le duodénum où elle se mélange directement avec le chyme venu de l'estomac, il se trouve qu'elle joue un rôle particulier dans la digestion et l'absorption des *aliments gras*.

Enfin, l'amidon animal ou *glycogène* que le foie emmagasine dans ses cellules, constitue une véritable *réserve nutritive* que l'organisme consomme quand l'alimentation devient insuffisante.

Les fonctions du foie sont donc fort complexes : il est simultanément un *organe épurateur* du sang en excréant la bile, les *toxines* et en détruisant les vieux globules rouges ; — un *organe de protection* contre certains empoisonnements ; — un *organe digestif* ; — un *organe uropoïétique* en produisant de l'*urée* et enfin un *organe de réserve nutritive* en emmagasinant du *glycogène* et de la *graisse*.

Nous allons étudier successivement chacune de ces fonctions.

I. — FONCTION BILIAIRE

§ 1. **Composition de la bile.** — La bile ne se forme pas par intermittence, mais d'une manière continue comme tous les déchets de l'organisme.

Quant à la quantité produite, les physiologistes en donnent des chiffres très différents, qui varient de 400 à 800 grammes par jour et qui ne représentent certainement pas la proportion véritable, car tous ces chiffres ont été obtenus sur des malades. On l'évalue communément à 1 kilogramme par jour chez l'adulte ; sa production augmente toujours beaucoup à la suite des repas.

A mesure qu'elle s'écoule du foie, la bile s'emmagasine dans la *vésicule biliaire*, qui se contracte à son tour au moment des digestions et l'envoie dans l'intestin par le canal cholédoque. Son écoulement est provoqué par l'arrivée dans le duodénum des *graisses* et de l'*acide chlorhydrique* du suc gastrique qui déterminent une excitation particulière sur la muqueuse très sensible des canaux biliaires.

Elle est d'un beau jaune d'or au moment même où elle sort du foie par le canal hépatique, et devient vert foncé en séjournant dans la vésicule biliaire ou bien à l'air.

Sa composition est la suivante :

1° De l'*eau* et des sels (chlorures et phosphates de soude, de potasse, de chaux et de magnésie).

2° De la *cholestérine* ($C^{26}H^{44}O$), substance ternaire du groupe des alcools qui provient particulièrement de l'usure de la matière nerveuse, mais qui se forme également dans le foie lui-même (1 à 2 grammes p. 1000).

3° Deux acides organiques azotés, l'*acide glycocholique* ($C^{26}H^{43}AzO^6$) et l'*acide taurocholique* ($C^{26}H^{45}AzO^7S$) qui sont des produits de désassimilation engendrés par les cellules hépatiques elles-mêmes. Il ne s'en forme plus si on extirpe le foie. Le dernier renferme même une certaine quantité de soufre (6 p. 100) ; ils ne sont pas libres, mais combinés avec la soude (*glycocholate* et *taurocholate de soude*) et donnent à la bile son amertume particulière ;

4° Enfin deux matières colorantes azotées (2 p. 100), l'une rouge (*bilirubine*) et l'autre verte (*biliverdine*) qui sont mélangées et donnent à la bile sa couleur spéciale ; elles proviennent de la matière colorante des vieux globules sanguins qui se détruisent dans le foie, mais elles ne renferment pas de fer, qui est sans doute utilisé pour la formation de nouveaux globules et dont une partie existe d'ailleurs dans la bile sous la forme de phosphate de fer.

Les animaux qui manquent d'hémoglobine dans leur sang n'ont pas non plus de bilirubine ; 100 grammes de bile renferment environ 85 grammes d'eau et 15 grammes des autres substances.

Les éléments essentiels de la bile ne *préexistent pas dans le sang* ; celui-ci ne fait que fournir les substances aux dépens desquelles les *cellules hépatiques élaborent la bile*, et il y a sous ce rapport une grande différence avec l'*urine*, dont les principes se forment dans n'importe quelle partie de l'organisme et que les reins se bornent à rejeter à l'extérieur.

La bile est rendue très toxique par les sels et les pigments qu'elle renferme ; un lapin meurt dans les convulsions si on lui injecte dans les veines

seulement 4 ou 5 centimètres cubes de bile par kilogramme de son poids ; elle est dix fois plus toxique que l'urine.

La cholestérine est très peu soluble et se précipite facilement sous la forme de petites aiguilles. Avec les pigments et les autres sels minéraux de la bile, elle se dépose parfois dans la vésicule et y forme des petites concrétions (*calculs* ou *cailloux biliaires*) qui grossissent par l'adjonction de nouvelles couches concentriques, atteignant quelquefois 1 et 2 centimètres. On a trouvé quelquefois la vésicule biliaire totalement envahie par une énorme concrétion. De la vésicule, les calculs peuvent être expulsés dans les canaux biliaires et les contractions que font ces derniers pour s'en débarrasser déterminent les *coliques hépatiques*.

Lorsqu'accidentellement la bile ne peut pas s'écouler dans l'intestin par suite de l'obstruction du canal cholédoque, elle s'accumule nécessairement dans le foie où elle passe dans les vaisseaux lymphatiques, puis dans les vaisseaux sanguins, qui la répandent à leur tour dans les différentes parties du corps et dans la peau, à laquelle elle communique sa teinte jaune (*jaunisse*).

§ 2. **Rôle de la bile dans la digestion.** — La bile représente avant tout, ainsi que nous l'avons déjà dit, des produits de désassimilation (*cholestérine, acides glycocholique et taurocholique, pigments*), qui se forment d'une façon continue et qui, s'ils n'étaient rejetés à l'extérieur, amèneraient rapidement de graves désordres, ainsi que cela résulte des expériences sur les lapins que nous rappelons plus haut.

La bile, une fois qu'elle est déversée dans l'intestin par le canal cholédoque, s'y mélange naturellement avec les aliments et exerce sur eux une action très complexe.

En premier lieu, en se mélangeant avec les aliments dès leur sortie de l'estomac, la bile neutralise leur *acidité* due au suc gastrique qui les imprègne, et permet ainsi au liquide pancréatique d'exercer désormais son action digestive, parce que celle-ci *n'est possible que sur les aliments neutres ou basiques*.

En second lieu, la bile n'agit ni sur les aliments albuminoïdes ni sur les féculents, mais elle paraît indispensable non pas pour la digestion des graisses, *mais pour leur absorption par la muqueuse intestinale*, après qu'elles ont été digérées par le liquide pancréatique.

Les teinturiers l'employaient autrefois pour enlever les taches de graisse sur les étoffes et cette observation a contribué dans une grande mesure à lui faire attribuer un rôle dissolvant et digestif des graisses. Sans doute, mélangée directement avec des graisses dans un flacon à la température du corps, elle les émulsionne ; *mais l'émulsion n'est pas stable*, les fines gouttelettes grassieuses ne tardant pas à se reprendre en masse comme lorsqu'on a agité de l'huile avec de l'eau.

Un moyen d'établir l'action directe de la bile dans la digestion, c'est d'éliminer celle du pancréas. Nous avons vu, en effet, que la bile et le suc pancréatique se déversent simultanément dans l'intestin et que le second de ces liquides possède une action capitale dans la digestion des graisses. Que deviendraient ces dernières, si on ne laissait arriver sur elles que de la bile ?

Les expériences ont montré que, dans ce cas, les graisses des aliments sont presque complètement inutilisées (à moins qu'elles ne proviennent du lait où elles sont déjà naturellement émulsionnées). Elles sont rejetées au dehors en même temps que les excréments, à la surface desquels elles forment une couche de suif ; le chien sur lequel on expérimente devient d'une voracité extraordinaire et maigrit rapidement.

Ces faits prouvent donc que si la bile est capable, dans une certaine mesure, de digérer les graisses, son action est toujours extrêmement faible et est manifestement insuffisante pour assurer la nutrition.

Si inversement on supprime la bile en pratiquant une fistule biliaire sur le canal cholédoque, de façon à laisser le liquide pancréatique arriver seul sur les aliments, il se produit les mêmes troubles digestifs que tout à l'heure : le tiers et même la moitié des graisses introduites dans le tube digestif sont

rejetées au dehors par les excréments ; l'animal maigrit rapidement et on est obligé de doubler sa ration alimentaire pour le maintenir en bon état ; encore est-il inutile de lui donner de la graisse, car dans ces conditions il n'y a que les aliments gras déjà émulsionnés (lait) qui soient absorbés.

L'inconvénient cesse et la digestion se fait normalement si on mélange aux aliments de l'animal opéré la bile extraite par sa fistule. (Expérience de Dastre.)

La conclusion générale à laquelle s'arrêtent aujourd'hui les physiologistes à la suite de recherches très récentes sur l'action digestive du foie et du pancréas, est la suivante :

La bile seule ou le liquide pancréatique seul n'ont qu'une très faible action émulsionnante et saponifiante sur les graisses, mais la bile a la propriété d'agir sur le liquide pancréatique et d'aider ce dernier à former son ferment saponifiant ou lipase (p. 255), de sorte que le foie et le pancréas se prêtent un mutuel concours pour la digestion et

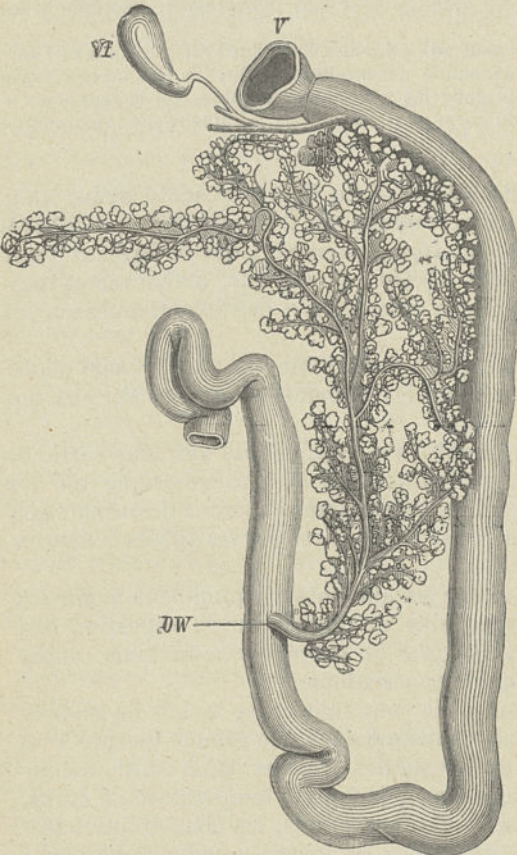


Fig 268. — Pancréas ramifié du lapin.

V, portion pylorique de l'estomac. — Vf, vésicule biliaire avec son canal cystique qui s'unit avec les canaux hépatiques sectionnés pour former le canal cholédoque. — DW, orifice du canal de Wirsung qui est ramifié dans le pancréas.

l'absorption des graisses. Ce sont les expériences de Dastre, professeur de physiologie à la Sorbonne, qui ont conduit à cette conclusion. L'action digestive de la lipase pancréatique vis-à-vis des graisses est portée à 14 fois sa valeur par l'addition d'une petite quantité de bile ; celle-ci agit non en produisant un ferment, mais tout simplement par les différents sels qu'elle contient.

L'action de l'amylase et de la trypsine du liquide pancréatique est aussi considérablement renforcée par la bile.

Deux autres observations établissent cette nécessité du mélange de la bile et du liquide pancréatique pour la digestion des corps gras :

1° Nous savons que les graisses, une fois digérées, passent à travers l'épithélium cylindrique de la muqueuse intestinale et vont se concentrer dans les vaisseaux chylifères des villosités qu'elles gonflent et rendent laiteuses.

Chez le lapin, le canal pancréatique au lieu de se fusionner avec le canal cholédoque et de s'ouvrir en même temps que ce dernier dans la cavité de l'intestin, débouche beaucoup plus bas, à 30 ou 40 centimètres plus loin (DW, fig. 268).

Or dans l'intervalle V à D W compris entre les offices de ces deux conduits, les villosités intestinales ne prennent jamais un aspect laiteux pendant les digestions. Preuve que les graisses ne sont absorbées que là où elles sont soumises à l'action simultanée de la bile et du suc pancréatique (Observation de Claude Bernard).

2° Inversement, chez un chien on coupe le canal cholédoque et on le fait déboucher artificiellement beaucoup plus loin dans l'intestin, vers le milieu de la longueur de ce dernier. On constate encore que pendant les digestions les villosités intestinales ne se gorgent de graisses et ne deviennent lactescentes qu'à partir du point d'arrivée de la bile, c'est-à-dire où les aliments se trouvent soumis à l'action combinée de la bile et du liquide pancréatique (Expérience de Dastre).

La bile possède encore quelques autres actions d'ordre un peu plus secondaire, à savoir :

1° L'animal privé de sa bile par une fistule biliaire non seulement maigrit, mais perd peu à peu ses poils. C'est que dans les conditions normales, la bile, bien que toxique, n'est cependant pas rejetée en totalité à l'extérieur, mélangée aux résidus de la digestion ; il y en a une certaine proportion qui repasse dans le sang en pénétrant par la muqueuse intestinale en même temps que les aliments digérés. L'organisme rentre ainsi en possession d'une certaine quantité de *taurocholate de soude*, et par conséquent du soufre que renferme ce sel, soufre qui est précisément un élément indispensable pour le développement des poils.

Le pigment biliaire est également décomposé en partie dans l'intestin, réabsorbé et devient la matière colorante de l'urine ;

2° La partie de la bile qui reste mélangée aux résidus de la digestion et qui est destinée à être rejetée au dehors en même temps qu'eux, empêche leur putréfaction dans l'intestin ; chez les animaux porteurs d'une fistule biliaire les excréments acquièrent une très grande fétidité ;

3° Les cellules épithéliales qui forment la surface des villosités ont la propriété, ainsi que nous l'avons établi antérieurement (p. 312), d'absorber les liquides (*le chyle*) provenant des matières alimentaires digérées, pour les céder d'abord aux villosités qui se gonflent, puis de là aux parties plus profondes de l'organisme. Or ces cellules s'épuisent peu à peu dans ce travail d'absorption, et après leur mort elles se détachent pour faire place à d'autres cellules jeunes qui se développent au-dessous d'elles. La bile tombant sur ces vieilles cellules facilite leur chute et balaye pour ainsi dire la muqueuse intestinale, qu'elle débarrasse des lambeaux d'épithélium mort.

De plus, elle détermine les contractions des villosités qui chassent ainsi leur contenu un peu plus loin, et peuvent ensuite puiser plus facilement une nouvelle quantité de chyle dans la cavité intestinale.

critiqué
G. Arthus

II. — FONCTION GLYCOGÉNIQUE

§ 1. Nature de cette fonction. — Nous avons vu que les cellules hépatiques renferment une espèce d'amidon animal, ou *glycogène*, qui est répandu

comme une sorte d'huile dans le protoplasme et qui a la même composition chimique $C^6H^{10}O^5$ que l'amidon ordinaire extrait des végétaux ; l'alcool le fait précipiter sous la forme de petites granulations colorables en rouge brun par la teinture d'iode.

Ce n'est cependant pas une substance spéciale au foie, car on en trouve encore dans les muscles, dans le cœur et dans les divers organes de l'embryon ; les leucocytes eux-mêmes en renferment des traces ; mais à eux tous, ces différents organes n'en renferment pas la moitié de ce que l'on trouve dans le foie.

Dans le foie de certains suppliciés, on a trouvé deux heures après la mort de 2 à 4 p. 100 de glycogène. Chez des lapins nourris copieusement avec les féculents on en a trouvé 17 p. 100.

Pour préparer le glycogène on traite des fragments de foie frais par de l'eau bouillante légèrement acidulée par de l'acide acétique. Le glycogène se dissout. Le liquide obtenu est ensuite traité par cinq ou six fois son volume d'alcool et il se précipite une poudre blanchâtre qui est le glycogène $C^6H^{10}O^5$.

Les acides étendus le transforment comme l'amidon ordinaire d'abord en dextrine, puis en glucose ; la salive et le suc pancréatique agissent de même. Toutefois il faut remarquer que son identité avec l'amidon ordinaire n'est pas absolue, car la solution alcoolique d'iode lui donne une teinte d'un brun rouge au lieu d'une teinte bleue, et il est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante acidulée que les grains d'amidon ordinaire.

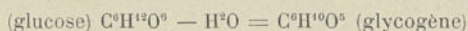
Nous avons établi antérieurement (p. 313) que les glucoses fournis par la digestion des féculents et du sucre ordinaire traversent l'épithélium des villosités pour pénétrer immédiatement dans le sang des veines intestinales, *qui les emmène à leur tour dans le foie par l'intermédiaire de la veine porte* (fig. 213).

Or notre organisme ne s'accommode que d'une quantité limitée de glucose, ordinairement un millième du sang environ, et quand l'alimentation en fournit une quantité supérieure, le foie retient l'excès à mesure qu'il lui arrive par la veine porte *et l'emmagasine dans ses cellules après l'avoir transformé en glycogène*. La proportion qu'il en renferme est très variable ; elle oscille entre 1,5 p. 100 et 15 p. 100.

Dans la suite, lorsque l'alimentation devient au contraire insuffisante en sucre, il se débarrasse d'une partie de son glycogène et le restitue à l'organisme *après lui avoir rendu sa forme primitive de glucose*.

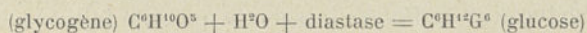
Le foie est en somme un lieu de réserve des glucoses et un organe régulateur de leur distribution dans l'organisme. Ces faits ont été mis en évidence par les expériences suivantes de Claude Bernard (1848-1855).

1° Un animal étant nourri avec des aliments féculents, on analyse le sang qui entre dans le foie par la veine porte et celui qui en sort par la veine hépatique (fig. 213). *On trouve toujours que le sang qui sort du foie renferme moins de glucose que celui qui y est entré ; la différence a été retenue par les cellules hépatiques, et comme on trouve dans ces dernières non du glucose mais de l'amidon animal, on admet que leur protoplasme a été le siège d'un travail chimique particulier qui a déshydraté le glucose et l'a transformé en glycogène, d'après la formule :*



2° On fait jeûner un animal, et dans ces conditions on est parfaitement

sûr qu'aucun élément nutritif n'arrive dans l'intestin et ne traverse l'épithélium intestinal pour pénétrer dans le sang ; le sang de la veine porte en particulier ne révèle que des traces de glucose à l'analyse. Cependant dans ces conditions celui qui sort du foie par la veine hépatique renferme le second jour du jeûne autant de glucose que si l'animal était nourri normalement : c'est que dans ces conditions les cellules hépatiques abandonnent au sang une certaine proportion de leur glycogène qui sera réparti dans l'organisme auquel l'alimentation n'en fournit plus. Mais ce glycogène avant d'être entraîné est hydraté et redevient du glucose, sous l'action d'une *diastase* que sécrètent les cellules hépatiques elles-mêmes :



A mesure que le jeûne se prolonge, le foie cède son glycogène qui finit naturellement par s'épuiser à son tour : ce résultat est atteint au bout de cinq à six jours pour le lapin, de trois semaines pour le chien et de cinq semaines pour la grenouille.

Le foie a donc bien la propriété de recueillir et de mettre en réserve dans ses propres cellules le sucre que l'alimentation fournit parfois en trop, et de le céder ensuite à l'organisme à mesure que ce dernier en a besoin.

On estime que le sang qui traverse le foie puise dans cet organe jusqu'à 5 ou 600 grammes de sucre par jour, que les vaisseaux répartissent ensuite dans les muscles où ils sont oxydés ; la proportion contenue dans le sang, soit 1 gramme à 1^{er},5 par litre, est ainsi toujours maintenue toujours sensiblement constante.

Ajoutons que lorsque le sucre a disparu du foie à la suite d'un long jeûne, le sang continue néanmoins à en renfermer sa quantité ordinaire. Ce glucose provient-il de la transformation du glycogène que renferment les muscles, ou bien se forme-t-il dans le foie aux dépens des albuminoïdes ?

3^e *Expérience du foie lavé.* — Elle montre que le foie est capable par lui-même de fabriquer des sucres aux dépens des substances qu'il renferme dans ses cellules. Claude Bernard enlève le foie d'un animal récemment tué et fait passer par les veines de cet organe un courant d'eau qui le lave complètement, jusqu'à ce que le liquide qui en sort ne renferme plus aucune trace de glucose. Le foie ainsi préparé est alors mis dans une étuve à 40°, et au bout de quelque temps l'analyse chimique montre qu'il renferme de nouveau du sucre : les cellules du foie continuent donc à vivre encore quelque temps après la mort de l'animal et à produire du glucose, tout comme pendant le vivant, aux dépens du glycogène qu'elles renferment. De même si ce foie est abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures et qu'on le fasse bouillir ensuite avec de l'eau, il abandonne à celle-ci une très notable quantité de sucre.

Glycosurie. — Toutefois le rôle du foie en tant qu'organe de réserve a une limite ; lorsque la proportion du sucre contenue dans le sang dépasse 3 p. 1 000, le foie paraît pour ainsi dire saturé et est incapable de retenir tout l'excès ; il est alors suppléé par les reins qui agissent comme épurateurs de l'organisme et le débarrassent du glucose qu'il y a en trop dans le sang. La présence du glucose dans les urines constitue la *glycosurie*.

La glycosurie d'*origine hépatique* peut être due à ce que le foie a perdu totalement ou partiellement la faculté de retenir le sucre sous la forme de

glycogène, ou bien encore à ce qu'il engendre une quantité exagérée de glucose aux dépens de son glycogène. Généralement ces glycosuries sont passagères et sans graves conséquences pour l'organisme.

Mais il n'en est pas de même du *diabète vrai*, qui ne paraît pas résulter d'une altération du foie, mais plutôt d'un état particulier des tissus qui ne peuvent plus utiliser le sucre, spécialement les muscles et les glandes. On voit des diabétiques éliminer par les reins jusqu'à 200 grammes de sucre par jour, alors même que toute nourriture féculente ou sucrée est totalement supprimée. Cette forme de diabète est dangereuse.

Si on injecte une solution de glucose directement dans les veines sous-cutanées, on détermine le *diabète* lorsque la quantité injectée est supérieure aux besoins de l'organisme. Mais si l'injection est faite dans la veine porte, le foie s'empare du sucre en excès et il n'y a pas de *diabète*.

C'est en calculant la quantité de sang qui traverse journellement le foie et la proportion de sucre qu'elle renferme, que l'on est arrivé à conclure que le sang prend chaque jour environ 500 à 600 grammes de sucre dans le foie pour le distribuer régulièrement à l'organisme, qui l'utilise surtout dans les muscles.

Il existe aussi un *diabète pancréatique*. Quand on extirpe totalement le pancréas, la fonction glycogénique est entravée; le sucre s'accumule progressivement dans le sang et apparaît en grande quantité dans les urines, déterminant ainsi un diabète intense. L'animal finit par mourir, *complètement épuisé*.

Toutefois, si après avoir extirpé le pancréas, on en greffe une portion sous la peau, dans une région quelconque, le *diabète ne se produit pas*. On explique ces faits en admettant que le pancréas sécrète normalement un *ferment spécial* qui attaque le sucre du sang dans les conditions ordinaires de la vie et lui permet ensuite d'être oxydé dans les tissus. La destruction du pancréas, et par conséquent du ferment, fait que le sucre n'est plus utilisé par l'organisme et s'accumule dans le sang et dans les urines.

Rappelons également que la piqûre du bulbe du plancher du 4^e ventricule produit une glycosurie passagère; au bout d'une heure on trouve 2 à 3 grammes de sucre par 100 centimètres cubes d'urine chez le chien; mais le phénomène ne dure que trois à quatre heures. Il paraît être le résultat d'une excitation nerveuse transmise au foie par la moelle et les filets sympathiques. La glycosurie n'a pas lieu si le foie est dépourvu de glycogène.

§ 2. **Aliments qui donnent du glycogène.** — Le glycogène se forme principalement aux dépens des aliments féculents et sucrés qui sont digérés, comme on le sait, sous la forme de glucoses $C^6H^{12}O^6$; ces derniers n'ont plus qu'à être déshydratés par les cellules hépatiques pour devenir du glycogène $C^6H^{10}O^5$.

Les aliments albuminoïdes, digérés sous la forme de peptones et d'albumoses, en fournissent aussi, mais en très faible proportion dans les conditions normales de l'alimentation mixte. C'est ainsi que des animaux nourris exclusivement avec des albuminoïdes forment du glycogène en quantité très appréciable, mais toujours très inférieure à celle que donnerait le même poids d'aliments féculents. Il s'en forme 3 à 4 grammes p. 100 chez le chien au bout de trois ou quatre jours. — On ignore d'ailleurs quelles transformations précises subissent ces peptones, matières azotées, pour devenir du glycogène, matière ternaire.

Les aliments gras, enfin, ne paraissent pas fournir du glycogène.

Pour démontrer expérimentalement si un aliment quelconque est capable de fournir du glycogène, on commence par faire jeûner un animal pour qu'il

consomme toute la réserve de glycogène qui pourrait se trouver dans son foie ; ce résultat est atteint lorsque le sang qui en sort par la veine hépatique ne renferme plus de sucre ; il faut cinq ou six jours lorsqu'on opère avec le lapin, une vingtaine de jours pour le chien.

On nourrit ensuite l'animal soit avec des féculents, soit avec des albuminoïdes, soit avec des graisses. Dans les deux premiers cas, le glycogène réapparaît dans le foie et le glucose dans la veine hépatique. Mais il ne s'en forme pas avec une alimentation grasse. En règle générale, ce sont les féculents qui servent surtout à la formation du glycogène ; les albuminoïdes n'en donnent qu'une faible proportion ; ils paraissent s'oxyder et se dédoubler en un certain nombre de produits azotés assez complexes et en glycogène.

III. — FIXATION DES GRAISSES

Le foie a la propriété d'accumuler des graisses, soit qu'elles proviennent toutes formées de l'alimentation, soit qu'il les constitue aux dépens des féculents.

Sur le premier point, de nombreuses observations ont montré qu'une alimentation riche en matières grasses détermine toujours une augmentation des gouttelettes graisseuses dans les cellules hépatiques.

D'autre part, il est certain que les aliments féculents donnent de la graisse dans le foie ; il suffit de rappeler que l'on fait l'engraissement des oies et des canards en les gavant de matières féculentes et que leur foie se charge de graisse au point de prendre sa couleur rouge. Les matières albuminoïdes paraissent être capables également de se transformer en graisse ; la preuve semble en être fournie surtout par les Poissons dont la nourriture est principalement azotée et dont le foie renferme souvent une grande quantité de matières grasses (huile de foie de morue).

Dans beaucoup de cas, la graisse du foie doit être considérée comme une réserve nutritive que les cellules du foie paraissent digérer elles-mêmes à l'aide d'une lipase ; c'est ainsi que cette graisse disparaît peu à peu pendant l'hiver chez les animaux hivernants.

IV. — FONCTION ANTITOXIQUE

Le foie joue encore un rôle remarquable comme destructeur de *toxines* et ajoute son action à celle des globules blancs ou *phagocytes* pour exercer une véritable action défensive de l'organisme contre les intoxications. On est, à l'heure actuelle, en possession d'un grand nombre d'observations qui établissent son rôle protecteur d'une façon manifeste.

Nous avons déjà signalé ce fait que certains poisons, tels que le *curare des Indiens* ou le *venin des serpents*, sont extrêmement toxiques quand ils pénètrent directement dans le sang par une piqûre ou une blessure quelconque, tandis qu'ils n'exercent aucune action nuisible quand ils sont absorbés par la voie du tube digestif, à la condition toutefois que celui-ci ne présente aucune écorchure. C'est qu'une petite partie du poison serait déjà décomposée par les cellules épithéliales de l'intestin (voir p. 315) et le reste, amené dans le foie par les veines intestinales, serait détruit à son tour par cet organe.

Les *poisons minéraux* tels que les sels de cuivre, de mercure, d'arsenic, etc., sont arrêtés en certaine proportion par le foie, où ils s'accumulent sans y être décomposés : le reste se déverse lentement dans l'économie et ses effets peuvent se trouver ainsi partiellement annihilés.

Il en est de même des poisons d'origine végétale, *nicotine*, *strychnine*, *morphine*, etc.,

avec cette particularité que le foie est capable de les décomposer chimiquement, au moins dans une certaine proportion. Une grenouille ou un chien privés de leur foie succombent à des doses de nicotine ou de strychnine bien inférieures à celles qui sont nécessaires pour les tuer quand ils sont intacts.

Enfin nous avons déjà dit que toutes les cellules de l'organisme engendrent elles-mêmes, dans le cours de leurs réactions chimiques, de véritables toxines ou *ptomaines*; les fermentations intestinales, toujours si actives, produisent également de nombreuses substances toxiques.

Tous ces produits sont décomposés par le foie *et transformés en d'autres non toxiques*, dont la plupart sont ensuite éliminés par les reins, sans compter que la bile diminue l'intensité des fermentations intestinales par action antiseptique.

V. — FONCTION UROPOIÉTIQUE

On désigne sous ce nom la propriété que possède le foie d'engendrer de l'urée $\text{CO}(\text{AzH}^2)^2$. Cette substance provient de l'usure des matières albuminoïdes et constitue l'élément essentiel de l'urine, ainsi que nous l'établirons dans l'histoire des reins. Il s'en forme dans tout l'organisme, mais c'est le foie qui est le principal siège de sa production.

Mais on ne connaît guère les réactions qui donnent lieu à la production de l'urée. Un fait précis, c'est lorsqu'on injecte du carbonate d'ammoniaque dans les reins, la quantité d'urée augmente notablement et il a été reconnu que c'est le foie qui a la propriété de transformer ce sel ammoniacal en urée.

Il n'est pas possible d'enlever le foie à un Mammifère sans amener rapidement la mort, mais l'opération est possible chez les Oiseaux; et l'on a constaté qu'après l'ablation du foie chez une oie, la quantité d'acide urique (qui remplace l'urée des Mammifères) est notablement diminuée; car chez les Oiseaux, l'acide urique se forme dans le foie, tandis que chez les Mammifères, cet acide est au contraire détruit par le foie et transformé en urée.

On pense donc que les matières albuminoïdes subiraient dans l'organisme des dédoublements qui donneraient lieu à une production de sels ammoniacaux, lesquels, à leur tour, seraient transformés en urée et acide urique par le foie. Les sels ammoniacaux ont une grande toxicité et c'est encore en vertu de son pouvoir antitoxique que le foie les transformerait en une substance moins nocive, l'urée.

CHAPITRE IX

REINS

§ 1. **Description des reins.** — Les reins sont deux organes en forme de haricot situés de chaque côté de la colonne vertébrale, au voisinage des premières vertèbres lombaires et en dehors du péritoine. Leur position est marquée sur la figure 269. Ils sont de couleur lie de vie et mesurent environ 10 centimètres de longueur, avec un poids moyen de 150 à 160 grammes. Leur bord externe est convexe, tandis que leur bord interne présente une concavité ou *hile* qui livre passage aux vaisseaux sanguins, aux nerfs et au canal d'écoulement de l'urine.

Sur une coupe du rein pratiquée dans le sens de la longueur comme le représente la figure 272, on observe trois parties : 1° une *membrane fibreuse* externe, fine et résistante, qui est intimement adhérente au rein et qui en forme pour ainsi dire la peau ; elle est généralement recouverte de graisse ; 2° en dedans de cette membrane, une substance granuleuse rappelant un peu l'aspect d'une agglomération d'œufs de poissons et que l'on appelle tout simplement l'écorce ou *substance corticale* du rein ; 3° enfin plus en dedans encore, une substance plus rouge et plus dure que l'écorce, constituée essentiellement de petits tubes où se forme l'urine, et que l'on appelle la moelle ou *substance médullaire* à cause de sa position dans l'intérieur du rein.

L'urine prend naissance dans des milliers de tubes microscopiques, les *tubes urinifères*, qui sont répartis en faisceaux pyramidaux ou *pyramides* de Malpighi, dont les sommets sont libres et tournés vers le centre de l'organe tandis que leurs bases élargies s'appuient en dehors sur la substance corticale.

La figure 271 représente une de ces pyramides.

Chaque rein en renferme de 10 à 15. Les tubes urinifères de chacune d'elles se déversent les uns dans les autres et débouchent finalement au sommet ou *papille* de la pyramide par un certain nombre de petits orifices, de 15 à 30, par lesquels l'urine s'écoule goutte à goutte d'une manière continue. Chez l'embryon toutes les pyramides sont distinctes les unes des autres et donnent au rein un aspect lobé.

A mesure qu'elle sort ainsi des pyramides, l'urine tombe dans une sorte de poche membraneuse logée dans l'intérieur du rein et qui s'appelle le *bassinnet*. De là elle s'écoule dans la vessie par un conduit spécial, l'*uretère*, de la grosseur d'une plume d'oie, qui sort par le hile et qui après un trajet de 25 centimètres environ va s'ouvrir dans la vessie (fig. 270 et 272).

Les deux uretères pour déboucher dans celle-ci, ne percent pas perpendiculairement sa paroi; elles cheminent très obliquement dans son épaisseur

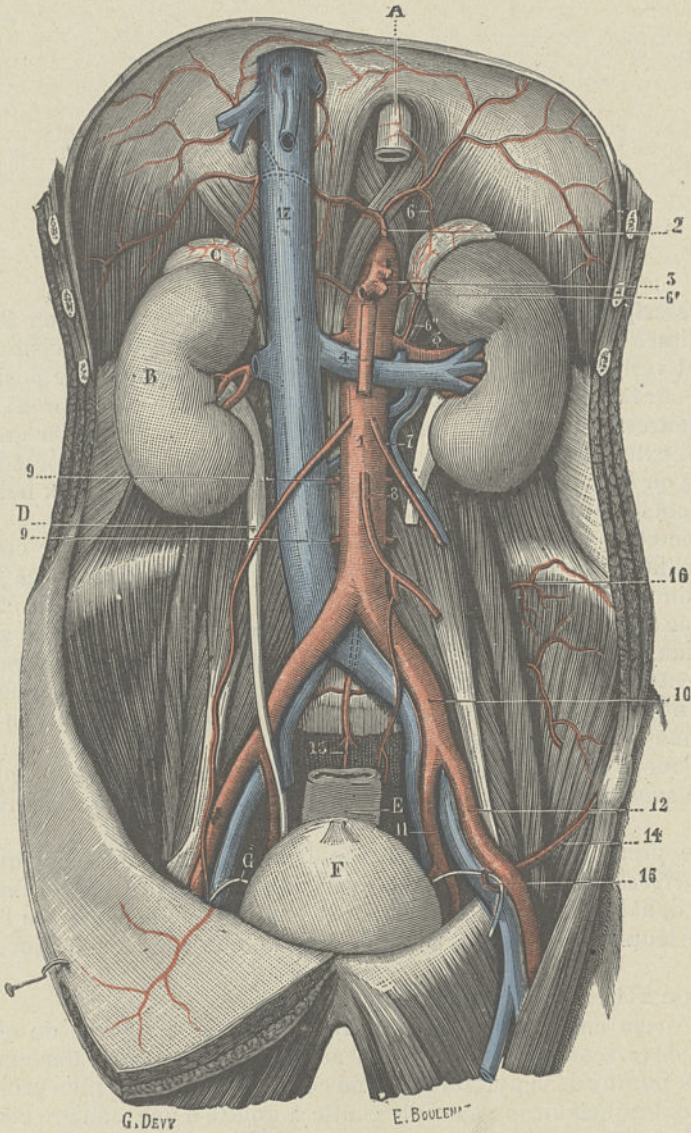


Fig. 269. — Cavité abdominale pour montrer l'emplacement de l'appareil urinaire, de l'aorte et de la veine cave inférieure (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

B, un rein avec son uretère D qui débouche dans la vessie F. — C, capsule surrénale. — 1, aorte. — 3, tronc cœliaque. — 4, artère mésentérique supérieure. — 5, artère rénale. — 8, artère mésentérique inférieure. — 10, artère iliaque primitive qui se subdivise en iliaque interne (bassin) 11 et en iliaque externe 12. — 13, artère épigastrique. — 17, veine cave inférieure avec ses subdivisions inférieures ou veines iliaques. — A, œsophage. — E, rectum.

pendant 1 ou 2 centimètres, de telle sorte que lorsque la vessie se contracte pour chasser son contenu, les orifices des uretères se ferment d'eux-

mêmes par le rapprochement de leurs deux faces opposées, et l'urine ne peut pas remonter du côté des reins.

La vessie sert de réservoir pour l'urine à mesure qu'elle s'écoule des reins; elle est placée à la partie inférieure du bassin, en avant du rectum; le péritoine la recouvre en arrière et sur les côtés. Sa paroi est formée de fibres musculaires lisses accompagnées de fibres élastiques, et est revêtue intérieurement d'un épithélium stratifié *impermeable*. Elle se distend progressivement à mesure que l'urine y arrive goutte à goutte. Quand elle est pleine, elle se contracte par voie réflexe et chasse son contenu dans un canal impair et médian, le *canal de l'urèthre*, qui le déverse à son tour à l'extérieur. Ce canal est toujours maintenu fermé par un muscle circulaire ou *sphincter* qui cède lorsque l'urine est poussée avec une certaine force par la vessie, aidée des muscles de la paroi abdominale.

§ 2. Disposition des tubes urinifères.

— Les tubes urinifères dans lesquels l'urine se forme et circule tout d'abord constituent ce que nous avons appelé la *substance médullaire*; ils sont répartis, comme nous l'avons dit, en un certain nombre de faisceaux pyramidaux dont la base est tournée vers la périphérie du rein, du côté de la substance corticale.

La figure 271 II, représente un de ces tubes isolés.

Chaque tube débute dans cette dernière substance par un petit renflement en forme de coupe, la *capsule de Bowmann*; puis il se continue d'abord par un petit canal sinueux (*tube de Ferrein*), et ensuite par une tube en U (*anse de Henle*) qui s'enfonce dans la profondeur du rein pour prendre part à la formation d'une pyramide et retourne de nouveau dans la substance corticale au voisinage de la capsule de Bowmann. Finalement il se recourbe une dernière fois vers l'intérieur pour aller se terminer au sommet de la pyramide, en s'anastomosant sur son parcours avec de nombreux autres tubes voisins. Cette dernière branche s'appelle le *tube de Bellini*.

La marche si irrégulière de ces tubes a naturellement pour effet d'en augmenter la longueur en leur faisant tenir le moins de place possible, et surtout elle multiplie considérablement leurs points de contact avec les vaisseaux sanguins dans lesquels ces tubes ont à puiser les principes de l'urine. On estime que les tubes urifères d'un rein, placés bout à bout, feraient une longueur de 20 kilomètres.

La structure du tube urinifère n'est pas partout la même : 1° Dans la partie contournée qui fait suite à la capsule de Bowmann, ainsi que dans la branche ascendante de l'anse de Henle, les parois sont formées d'une assise de cellules très hautes, avec un protoplasme qui renferme de très nombreuses petites granulations placées bout à bout en forme de

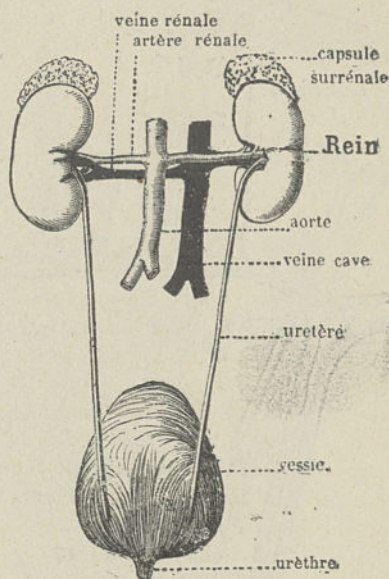


Fig. 270. — Les reins avec leurs vaisseaux sanguins et leurs canaux d'écoulement dans la vessie.

striés radiaires. Ce sont elles qui puisent dans le sang les substances de l'urine et qui représentent par conséquent la partie vraiment fondamentale des reins (fig. 273) :

2° La branche descendante de l'anse de Henle est trois fois plus étroite et possède au contraire une lumière relativement très large; elle est formée d'une assise de cellules aplaties comme celle des vaisseaux sanguins, et ne joue aucun rôle actif dans la sécrétion urinaire (fig. 274).

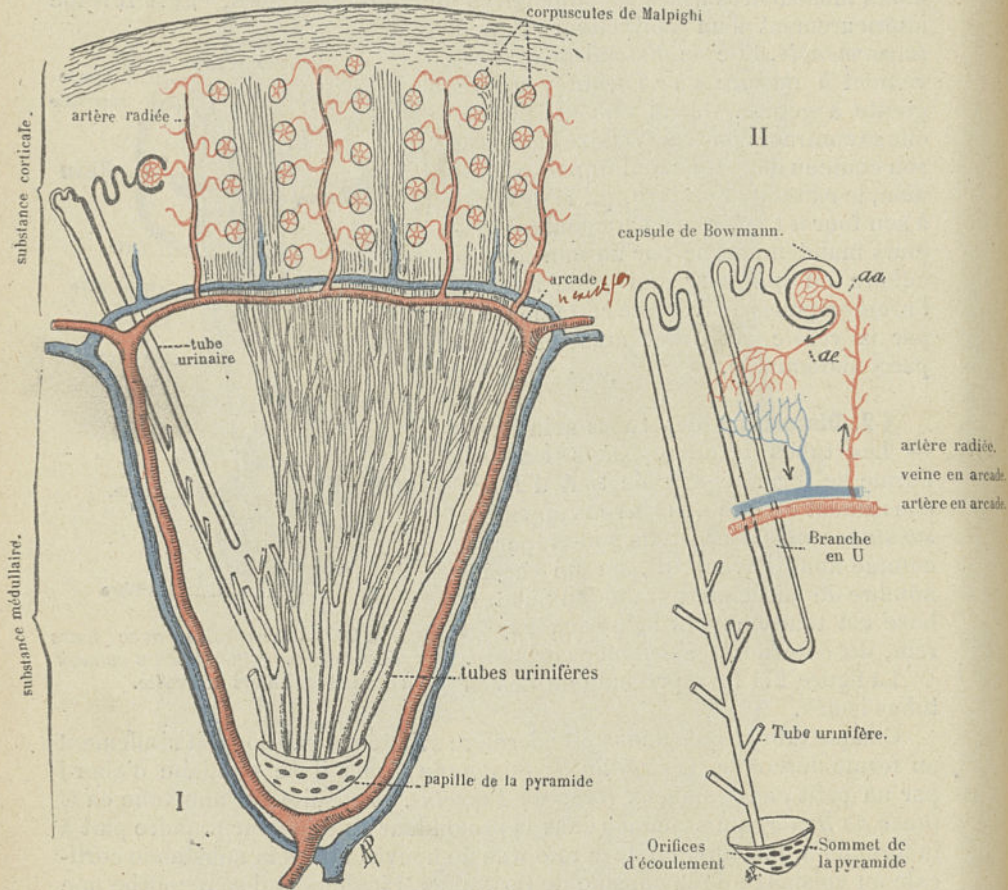


Fig. 271.

I. Une pyramide isolée avec ses tubes urinifères et ses vaisseaux sanguins (d'après Retterer). — II. Un tube urinifère isolé; *cap*, capsule de Bowman; *gl*, glomérule de Malpighi; *v*, vaisseau efférent du glomérule; *c*, réseau de capillaires.

§ 3. Disposition des vaisseaux sanguins. — Les reins reçoivent une énorme quantité de sang que leur amènent les deux grosses artères rénales qui se détachent de l'aorte et dans lequel ils puisent à chaque instant les éléments de désassimilation qui constituent l'urine (fig. 271 et 272).

L'artère après avoir pénétré par le hile, se divise aussitôt en un certain nombre de grosses branches rayonnantes qui passent entre les pyramides et vont toutes se déverser dans une artère qui est parallèle à la face convexe du rein et que l'on appelle pour cette raison l'*artère en arcade* de Bertin;

c'est elle qui marque la limite précise entre la substance corticale et la substance médullaire (fig. 272).

Elle envoie à son tour un nombre considérable de petites artères qui se dirigent toutes vers la périphérie, dans la substance corticale, et qui sont qualifiées pour cette raison d'*artères radiées*.

Enfin de chacune de ces dernières il se détache d'autres ramifications plus fines encore, présentant une disposition très régulière tout autour de l'artère radiée ainsi que le représente la figure 271, et qui pénètrent chacune dans une *capsule de Bowmann* dont elles se coiffent comme d'un bonnet de coton.

L'artériole qui a ainsi pénétré dans la capsule terminale d'un tube urinifère, s'y résout en vaisseaux capillaires qui se pelotonnent sur eux-mêmes au lieu de se mettre en réseau comme cela a lieu habituellement. Chaque peloton vasculaire, y compris la capsule de Bowmann qui l'enveloppe, forme un petit corpuscule arrondi de deux dixièmes de millimètre de diamètre, appelé le *glomérule de Malpighi*. Ces glomérules sont très nombreux autour de chaque artère radiée et ce sont eux qui constituent l'*écorce* du rein, à laquelle ils donnent son apparence d'œufs de poisson.

De chaque glomérule il sort ensuite une petite artère que nous appellerons l'*artère efférente*, pour la distinguer de l'*artère afférente* qui y a pénétré; et à peu de distance cette artère efférente se résout à son tour en un second système de capillaires qui se disposent en réseau et enveloppent dans leurs mailles tous les tubes urinifères. Finalement tous ces capillaires se réunissent et forment une petite veine qui va se déverser dans une grande *veine en arcade*, parallèle à l'artère du même nom (fig. 271 et 272).

De cette veine en arcade en partent d'autres qui passent entre les *pyramides* et vont se fusionner dans la région du hile pour former la *veine rénale* unique qui sort du rein.

Remarquer que sur le trajet des vaisseaux sanguins de l'intérieur du rein il existe deux systèmes de capillaires; l'un dans l'intérieur du glomérule qui est uniquement artériel, l'autre qui enserre dans ses mailles les tubes urinifères et qui correspond aux capillaires généraux du corps, car il renferme d'abord du sang artériel et plus loin du sang veineux. C'est ce que l'on appelle le *système porte rénal*; il rappelle le système semblable qui existe dans le foie.

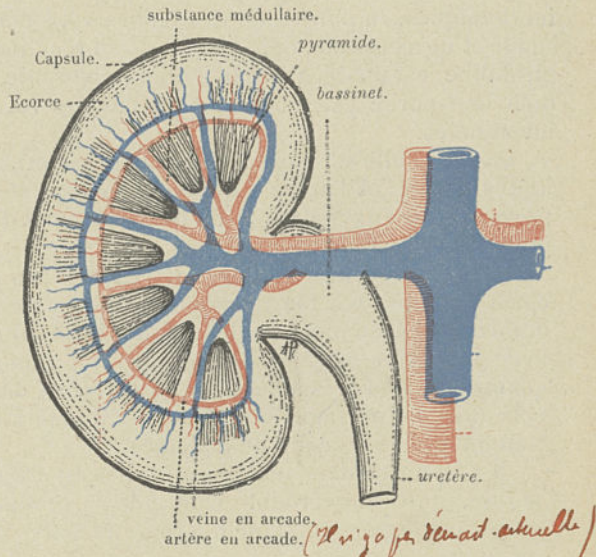


Fig. 272. — Coupe schématisque à travers un rein pour montrer la disposition des vaisseaux sanguins (d'après RETZERER).

Une telle richesse en vaisseaux sanguins est naturellement en rapport avec le rôle excréteur des reins ; ils amènent une grande quantité de sang qu'ils font circuler entre tous les tubes urinaires, au contact immédiat de ces derniers, de telle sorte que ceux-ci peuvent y puiser à chaque instant les déchets spéciaux qui constituent l'urine.

§ 4. **Composition de l'urine.** — L'urine est un liquide acide, de couleur jaune ambré. L'adulte en élimine en moyenne de 1200 à 1500 grammes par jour (1 litre à 1 litre et demi).

Elle est formée en grande partie d'eau tenant en dissolution des sels inorganiques, en particulier des chlorures, sulfates et phosphates *acides* de soude et de magnésie, qui lui donnent sa réaction acide. Sa matière colorante (urobiline) est un dérivé de la matière colorante rouge de la bile (*bilirubine*) dont une partie est, comme nous l'avons vu, réabsorbée par les villosités intestinales.

De plus, elle est essentiellement caractérisée par deux autres produits azotés, l'*urée* et l'*acide urique* qui représentent des substances de déchet provenant de l'oxydation et du dédoublement des matières albuminoïdes du protoplasme cellulaire.

Le plus important est l'*urée* $\text{CO}(\text{AzH}^2)^2$; sa quantité qui est en moyenne de 25 grammes par jour, augmente avec un régime carnivore et atteint 40 et même 50 grammes chez les Anglais qui consomment beaucoup de viande ; avec un régime végétal elle tombe à 20 grammes. L'urée mesure ainsi la quantité de matières albuminoïdes détruites dans l'organisme et c'est pour cela que son dosage fournit toujours des indications précieuses dans le traitement de beaucoup de maladies.

Il s'en forme dans toutes les parties du corps, *mais principalement dans le foie*, qui est le véritable centre de sa production (voir p. 366). Séparé du corps, cet organe continue à former de l'urée comme il continue à produire du sucre.

Le tissu nerveux, qui consomme aussi beaucoup d'aliments albuminoïdes, produit de même une grande quantité d'urée ; celle-ci augmente avec le travail cérébral. Au contraire les muscles consomment surtout des glucoses et des graisses et n'engendrent qu'une très faible proportion de déchets azotés ; un travail musculaire soutenu n'augmente pas la production de l'urée.

L'*acide urique* qui accompagne l'urée provient aussi de la transformation des matières albuminoïdes, mais il ne s'en forme guère qu'un gramme par jour. C'est un produit moins oxydé que l'urée. Il est fort peu soluble dans l'eau et n'est maintenu en dissolution dans l'urine que grâce à la présence du phosphaste acide de soude ; la plus grande partie y existe sous la forme d'*urates de sodium et de calcium*. Aussi lorsque l'alimentation est trop riche en albuminoïdes, la quantité d'*acide urique* augmente dans l'organisme à tel point qu'il ne se dissout pas en totalité dans le sang et qu'il se précipite, surtout dans les cartilages articulaires, sous la forme de petites aiguilles assemblées en oursins ; c'est la *goutte*.

Les reins restent presque complètement étrangers à l'élimination des déchets provenant de l'alimentation ternaire. Mais ils détruisent les *toxines* absorbées par l'intestin qu'ils arrêtent au passage, toxines qui sont parfois en proportion dangereuse, car on a constaté dans le gros intestin, par déci-

gramme de matières fécales, jusqu'à 30 millions de micro-organismes (champignons et bactéries), qui y abandonnent leurs sécrétions toxiques.

L'urine est un liquide toxique, mais à un moindre degré que la bile : on tue un lapin en lui injectant dans le sang 50 centimètres cubes d'urine humaine par kilogr. de son poids. On a calculé qu'un homme adulte produit en deux jours dans son urine la quantité de substances toxiques nécessaires pour l'empoisonner lui-même. L'urée n'étant pas un poison, on pense que la toxicité de l'urine est due en partie à des matières colorantes et en partie à des sels de potasse, ou peut-être même à quelque poison organique voisin des alcaloïdes, que l'on n'a pas encore réussi à isoler.

Presque tous les médicaments introduits dans l'organisme s'éliminent également par les reins après avoir subi des modifications plus ou moins complexes. Il en est de même des toxines dues aux maladies d'origine microbienne, d'où la nécessité absolue d'entretenir le bon fonctionnement de ces organes dans toutes les affections de cette nature.

L'extirpation des deux reins est mortelle en quatre jours au plus chez le chien, en un ou deux jours chez le lapin ; la ligature des uretères conduit aux mêmes accidents.

Enfin ajoutons que la composition de l'urine varie beaucoup avec l'alimentation : chez les *carnivores*, elle est acide, d'un jaune clair, riche en urée et en acide urique ; son acidité est due au phosphate acide de soude. Chez les *herbivores*, elle est alcaline, trouble (urines jumentesuses) et l'acide urique y est remplacé par un autre produit, l'*acide hippurique*. Lorsqu'on fait jeûner un lapin, son urine qui est normalement trouble et alcaline ne tarde pas à devenir claire et acide, parce que dans ces conditions il se nourrit aux dépens de son sang et de sa graisse, c'est-à-dire qu'il est devenu carnivore. Le malade, qui dans le cas de fièvre, ne prend pas d'aliments, se nourrit aussi aux dépens de ses propres tissus et son urine devient beaucoup plus acide. Inversement, l'urine de l'homme peut devenir alcaline sous l'influence d'un régime végétal.

L'urine des Vertébrés ovipares (poissons, batraciens, reptiles et oiseaux) est presque solide parce qu'elle renferme très peu d'eau, et chez la plupart d'entre eux les uretères débouchent dans une poche spéciale, le *cloaque*, où vient s'ouvrir en même temps l'extrémité de l'intestin, de telle sorte que l'urine se mélange forcément aux excréments au lieu de s'échapper directement à l'extérieur.

Celle des Oiseaux est très épaisse, se mélange aux excréments et constitue le guano ; au lieu d'urée elle ne renferme guère que de l'acide urique et de la *guanine* ; celle des Reptiles est à peu près solide et renferme des cristaux d'acide urique libre ; les boas rejettent de l'acide urique presque pur.

§ 5. Mécanisme de la sécrétion urinaire. — Pour bien se rendre compte de ce phénomène, résumons dans le tableau suivant la composition du plasma sanguin et celle de l'urine.

	plasma	urine
Eau	900	950
Albumine et fibrinogène	90	0
Urée	0.15	25
Acide urique	traces	0.50
Chlorure de sodium	5 à 6	11
Autres sels inorganiques	4 à 5	8 à 9

Ce tableau montre qu'il n'y a qu'une différence fondamentale entre l'urine et le plasma sanguin : l'*albumine qui est la substance nourricière par excellence des éléments anatomiques n'existe pas dans l'urine* ; elle doit rester dans le sang pour assurer la nutrition des tissus.

Il montre encore que l'urine peut être regardée comme une dissolution d'urée dans de l'eau légèrement salée et que tous ses principes, excepté l'albumine, se retrouvent dans le sang, mais qu'ils y sont beaucoup plus dilués. Les reins se bornent à les extraire du sang, à les concentrer et à les rejeter à l'extérieur.

Ce travail particulier des reins se fait en deux phases :

1^o Le peloton de capillaires de chaque glomérule laisse filtrer l'eau et les sels de son plasma dans l'intérieur de la capsule de Bowmann, et cette eau s'écoule ensuite dans le tube urinifère. On estime que la pression sanguine dans le réseau du glomérule est de 14 centimètres de mercure, tandis que dans le second réseau qui lui fait suite, elle n'est que de 9 centimètres tout comme dans les autres capillaires du corps. C'est sous l'effet de cette pression de 14 centimètres que le plasma du glomérule laisse filtrer son eau dans les tubes urinifères¹. On a constaté que les hémorragies, qui font baisser la pression artérielle, déterminent également une diminution de la sécrétion urinaire.

2^o Cette eau, pour devenir de l'urine, n'a plus qu'à recevoir les différents principes caractéristiques de cette dernière, *urée et acide urique* : dans le tube de Ferrein et dans la branche ascendante du tube de Henle, les cellules à protoplasme granuleux retirent du sang l'urée et l'acide urique, et les font ensuite passer dans la cavité tubulaire où ils se mélangent avec l'eau et les sels qui arrivent du glomérule ; l'urine est dès lors constituée.

On démontre que les grandes cellules granuleuses des tubes urinifères jouent un rôle essentiellement actif dans l'excrétion de l'urine, en injectant dans le sang d'un animal une matière colorante telle que du carmin d'indigo. Quelques heures plus tard, on constate que les tubes urinifères sont colorés dans les régions à grandes cellules, tandis que les glomérules sont restés incolores.

Ou bien encore on lie les uretères d'un oiseau, dont l'urine est très riche en urates, et l'on voit que les cristaux de ces sels ne s'accumulent que dans les portions des tubes à grandes cellules et non dans les glomérules. Ce sont donc bien ces cellules seules qui sont le siège d'un travail protoplas-

¹ La pression sanguine est de 19 centimètres à l'embouchure de l'aorte et de 9 centimètres dans les capillaires généraux. Or, comme les capillaires des glomérules sont placés entre l'orifice de l'aorte et les capillaires généraux, on estime que leur pression est aussi intermédiaire entre 19 et 9, c'est-à-dire égale à 14.

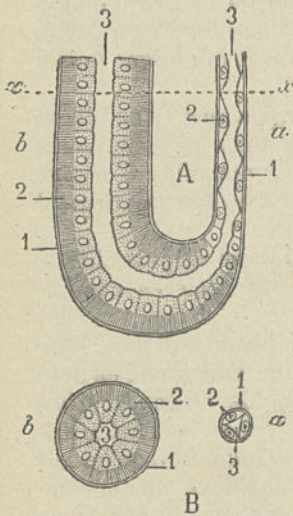


Fig. 273. — Branche ascendante et branche descendante d'un tube urinifère (anse de Henlé) (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

A, en coupe longitudinale. — B, en coupe transversale. — a, branche descendante à, avec ses cellules aplaties 2. — b, branche ascendante avec ses cellules excrétrices à protoplasma strié 2; 3, lumière du tube. — x, x, plan suivant lequel est faite la coupe représentée dans la figure B.

mique spécial, par lequel elles choisissent dans le sang les déchets caractéristiques de l'urine. Lorsqu'elles sont malades et qu'elles fonctionnent mal, ou mieux encore quand elles sont détruites, elles laissent filtrer l'albumine du sang dans l'urine et déterminent ainsi cette affection grave qui s'appelle l'*albuminurie*.

Les principes de l'urine, *urée et acide urique*, ne prennent pas naissance dans les reins; *ils se forment dans toutes les parties du corps*, à titre de déchets de l'organisme et se répandent dans le sang qui les draine jusque dans les reins; les tubes urinifères ont à leur tour la propriété de les puiser dans le sang, de les concentrer et de les rejeter à l'extérieur sous la forme d'urine. On le démontre par plusieurs expériences :

1° L'analyse du sang sortant de n'importe quel organe montre qu'il renferme toujours une certaine quantité d'urée et d'acide urique;

2° Si l'on extirpe les reins à un animal ou si l'on ligature tout simplement les deux uretères, les principes toxiques de l'urée s'accumulent dans le sang et amènent même rapidement la mort, surtout dans le premier cas;

3° L'expérience la plus précise qui démontre le rôle excréteur des reins consiste à doser l'urée dans le sang qui pénètre dans le rein par l'artère rénale et dans celui qui en sort par la veine rénale : *ce dernier en renferme toujours moins que le sang artériel*, ce qui prouve que le rein en a retenu une certaine quantité. Les muscles en contiennent autant que le sang.

Il n'y a que l'*acide hippurique* dont il existe environ 0^{sr}, 60 par litre d'urine chez l'homme, qui se forme dans les reins mêmes.

PRODUITS ANORMAUX DE L'URINE. — L'urine peut encore renfermer accidentellement quelques autres produits dont la présence est toujours la preuve du mauvais fonctionnement de certains organes; les deux principaux sont le *glucose* et l'*albumine*.

1° L'organisme ne s'accommode pas d'une quantité exagérée de sucre. Lorsque le foie remplit mal sa fonction glycogénique ou qu'il est saturé de glycogène par suite d'une nutrition amylacée trop abondante, il est incapable de retenir l'excès de sucre amené par la veine porte; il arrive encore que, pour des causes d'ailleurs mal connues, les tissus ne consomment plus le sucre que leur apporte le sang; quand la proportion que contient ce dernier dépasse 3 grammes p. 1000, l'excès est rejeté au dehors par les urines : c'est le *diabète* ou *glycosurie* (p. 377).

Dans des cas extrêmes, on a vu des diabétiques excréter aussi journellement jusqu'à 200 grammes de sucre par leurs urines. Naturellement, toute alimentation féculente doit être radicalement supprimée dans cette affection.

Dans certaines maladies du foie, les cellules hépatiques ne remplissent plus leur fonction glycogénique et il y a également apparition du diabète.

Le diabète se produit encore lorsqu'on extirpe le *pancréas*; dans ces conditions, les sucres ne sont plus du tout utilisés par l'organisme et sont rejetés en totalité par les reins (p. 255).

Enfin, il y a également *glycosurie* expérimentale lorsqu'on pique le bulbe vers la pointe du 4^e ventricule, à l'origine des nerfs pneumogastriques; cette excitation détermine une exagération dans la fonction glycogénique du foie, qui laisse alors passer dans l'organisme une quantité de sucre supérieure aux besoins de la consommation; mais elle n'est que passagère, le glucose disparaît des urines au bout de cinq à six jours (p. 101).

2° *L'albuminurie*, ou présence de l'albumine dans les urines, est toujours une affection grave; elle indique une altération plus ou moins profonde des parois des tubes urinaires, dont les cellules sont devenues incapables de s'opposer à la filtration de l'albumine du sang.

On détermine expérimentalement l'albuminurie en piquant le bulbe un peu au-dessus de l'origine des nerfs des pneumogastriques, c'est-à-dire un peu au-dessus du centre de la glycosurie (p. 101).

Origine de l'urée. — L'urée se forme probablement de deux manières dans l'organisme: par *oxydation prolongée* des matières albuminoïdes et par *hydratations* suivies de *dédoublements* de ces mêmes matières. En effet :

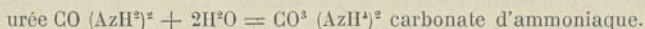
1° Quand on oxyde directement par l'acide nitrique des substances albuminoïdes telles que la *caséine* ou le *blanc d'œuf*, on obtient de l'urée et du CO^2 , qui sont précisément deux des principaux déchets de l'organisme;

2° Lorsqu'on soumet à l'ébullition prolongée de l'albumine additionnée d'une base comme l'hydrate de baryte, l'albumine absorbe de l'eau et se dédouble en de nombreux autres produits : *anhydride carbonique, ammoniacque, acides oxalique et acétique*, ainsi que *différentes amides*, composés azotés au groupe desquels appartient précisément l'urée.

Quant au S et au Ph des sulfates et des phosphates de l'urine, ils proviennent aussi de la destruction des matières albuminoïdes de l'organisme qui renferment une petite quantité de ces deux éléments.

Fermentation ammoniacale. — Quand l'urine est abandonnée à l'air, son urée se transforme en carbonate d'ammoniaque, dont l'odeur est bien perceptible dans les urinoirs insuffisamment irrigués.

Cette transformation est due à un grand nombre d'organismes microscopiques (on en connaît 17 espèces) appartenant aux moisissures, aux bacilles et aux microcoques, que l'air amène sur l'urine abandonnée à elle-même. Le principal est le *micrococcus ureæ*. Ce liquide, par les matières azotées qu'il renferme, constitue un milieu nutritif favorable pour le développement de tous ces microorganismes, et à mesure qu'ils s'y multiplient ils sécrètent un ferment soluble, l'*urase*, qui hydrate l'urée d'après la formule :



Cette hydratation constitue la fermentation ammoniacale. Elle ne se produit pas en milieu acide.

Calculs urinaires. — Quand l'urine est abandonnée au repos, elle produit un dépôt orangé composé d'acide urique $\text{C}^2\text{H}^4\text{Az}^2\text{O}^2$, d'urates et de phosphates ammoniaco-magnésiens. Ce précipité peut également se produire dans la vessie, et chaque granulation s'y recouvrant à la longue de nouvelles couches concentriques, finit par devenir une concrétion dure et volumineuse, capable de s'opposer à l'émission de l'urine par l'urèthre; cette affection est ce que l'on appelle la *Pierre*, les *calculs urinaires* ou encore la *gravelle*.

Capsules surrénales. — Chaque rein est coiffé à sa partie supérieure d'un organe particulier complètement clos, la *capsule surrénale*, qui est d'une couleur jaune en dehors et brun marron en dedans (fig. 269 et 270). Ces capsules jouent un rôle très important. L'animal auquel on les enlève meurt toujours; il présente tout d'abord des troubles nerveux, puis ses muscles s'affaiblissent, deviennent flasques et finissent par être frappés de paralysie; ces accidents sont de même nature que ceux que produit le curare, poison dont les Indiens se servent pour empoisonner leurs flèches. On a d'ailleurs trouvé dans le sang de l'animal décapsulé un poison spécial cause de tous ces troubles, et qui, dans les conditions ordinaires, se formerait surtout dans le tissu musculaire, pour lequel il serait une toxine paralysante. Les capsules surrénales produiraient de leur côté une substance antitoxique qui neutraliserait la toxine musculaire au fur et à mesure de sa production.

On a découvert récemment dans les mêmes capsules surrénales une substance particulière, l'*adrénaline*, qui exerce une action constrictrice remarquablement intense sur les petits vaisseaux sanguins (p. 131).

II. — GLANDES SUDORIPARES

La sueur, qui s'écoule d'une façon continue à la surface du corps, possède la même composition que l'urine.

Elle est excrétée par des milliers de petits tubes qui s'enfoncent verticalement dans la peau et dont l'extrémité inférieure, pour pouvoir se loger tout entière dans le derme, est obligée de se pelotonner sur elle-même en formant ce qu'on appelle un *glomérule* (9, fig. 124) Elles abondent particulièrement sur les parties les plus sensibles au toucher, la paume de la main et la plante des pieds, où la sueur entretient la souplesse de l'épiderme et par suite une plus grande sensibilité tactile (120 à la paume de la main et 300 à la plante des pieds par centimètre carré). Leur nombre total serait de 2 à 3 millions.

Leurs dimensions sont très faibles : le petit peloton terminal ou *glomérule* n'a guère qu'un dixième de millimètre et le canal extérieur, dont le trajet est un peu sinueux, ne dépasse pas 2 millimètres de longueur, ce qui donne néanmoins une longueur totale de 4 kilomètres pour deux millions de tubes; cet ensemble équivaut sensiblement comme masse à la moitié d'un rein.

Chaque glande sudoripare peut être regardée comme un rein très rudimentaire, qui serait réduit à un seul tube urinaire. Ses parois sont en effet constituées, sur toute leur étendue, par une seule assise de cellules comme les tubes urinaires; de plus, un riche réseau de vaisseaux capillaires s'entremêle avec les anses du glomérule, et les parois de celles-ci puisent dans le sang qui les avoisine ainsi les substances de la sueur, tout comme les tubes urinaires puisent ceux de l'urine (fig. 124).

La sueur a d'ailleurs une composition qui se rapproche beaucoup de celle de l'urine; ses éléments fondamentaux sont les mêmes, mais en quantités normalement moindres : de l'eau 990 p. 1000; des sels minéraux, particulièrement du *chlorure de sodium* (5 p. 1000) et enfin de l'urée (1 gramme p. 1000). La sueur, pourrait-on dire, est de l'urine qui s'échappe d'une manière continue par toute la surface de la peau.

La sécrétion est provoquée surtout par l'élévation de la température qui porte tout d'abord son action sur les nerfs sensibles de la peau; elle est également activée par une augmentation de température du sang.

Pendant l'été, alors que la sécrétion sudoripare est très abondante, l'urine ne renferme guère que les deux tiers de l'urée formée dans l'organisme; l'autre tiers est rejeté par les glandes sudoripares; ce qui revient à dire que fonctionnellement les tubes sudoripares équivalent dans ces conditions à un rein. On conçoit dès lors la nécessité hygiénique de maintenir ouverts, par de fréquents lavages du corps, les pores excréteurs des glandes sudoripares qui peuvent s'obstruer par les débris de l'épiderme mort et les produits des glandes sébacées.

Dans les cas d'insuffisance rénale, les glandes sudoripares excrètent plus activement et éliminent une plus forte proportion de substances toxiques; c'est ce qui se passe dans le choléra.

La quantité de sueur éliminée journellement est considérable : dans les conditions ordinaires, lorsque le corps ne se livre à aucun exercice violent et qu'elle n'apparaît pas sous la forme de gouttelettes, il s'en forme cepen-

dant jusqu'à un demi-litre par jour. Elle se mélange avec le produit des glandes sébacées. Pendant la course ou tout autre travail physique violent, sa quantité peut atteindre 300 à 400 grammes à l'heure.

En s'évaporant, elle rafraîchit tout le corps et permet ainsi à ce dernier de rester à une température constante lorsque celle de l'air extérieur tend à s'élever ; ce rôle de régulateur a une très grande importance.

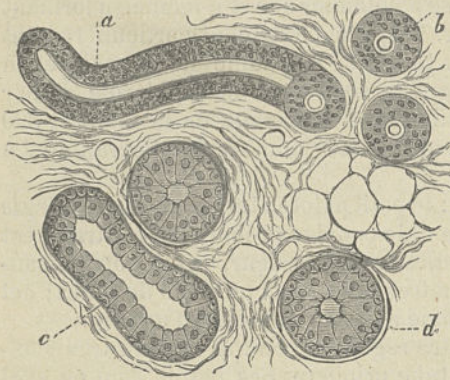


Fig. 274. — Coupe transversale des glomérules (VIAULT et JOLIET, *Physiologie*.)

Certains tubes *b*, *d*, sont coupés perpendiculairement à leur longueur ; d'autres *a*, *c*, sont coupés obliquement ; le reste est du tissu conjonctif.

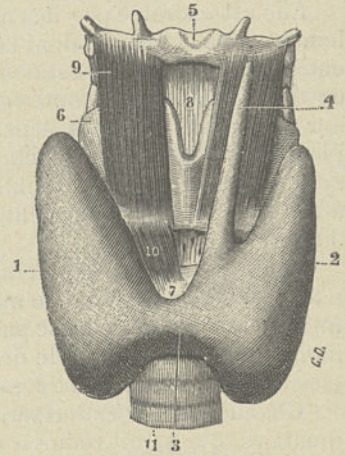


Fig. 275. — Corps thyroïde vu par sa face antérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

1 et 2, ses deux lobes placés au-devant du larynx, avec un long prolongement supérieur 4. — 5, os hyoïde. — 6, cartilage thyroïde. — 11, trachée.

Ce qui fait, en somme, deux fonctions bien distinctes pour les glandes sudoripares : elles éliminent des déchets azotés de l'organisme et elles régularisent la chaleur animale lorsque la température extérieure s'élève (voir le chapitre XI : *Chaleur animale*).

III. — GLANDES VASCULAIRES CLOSES

On désigne sous ce nom un certain nombre d'organes sécréteurs qui ne présentent pas de conduits d'écoulement et qui ne sont en relation avec le reste de l'organisme que par l'intermédiaire de leurs vaisseaux sanguins. Leur rôle n'est pas établi chez toutes d'une manière bien précise ; mais il paraît généralement important, en raison des accidents qui se produisent lorsqu'on pratique l'ablation.

Les principaux sont les *capsules surrénales*, le *corps thyroïde*, le *thymus*, la *glande pituitaire*, la *rate* et les *amygdales*.

1° CAPSULES SURRÉNALES (voir p. 390).

2° CORPS THYROÏDE. — C'est un organe glandulaire de 30 grammes environ ainsi appelé parce qu'il se trouve au-dessous de la pomme d'Adam ou cartilage thyroïde du larynx ; il a la forme d'un croissant qui embrasse le larynx et les premiers anneaux de la trachée. C'est son gonflement accidentel qui produit le *goitre* (fig. 275). Il provient d'un diverticule de la 4^e paire de fentes branchiales embryonnaires.

Il joue un rôle très important dans la nutrition générale. Les animaux meurent toujours à la suite de son extirpation, après avoir été pris de tremblements et de convulsions au

milieu desquelles ils finissent par succomber. Il y a d'ailleurs longtemps que l'on sait que l'ablation totale du goitre a des effets funestes; quand cette ablation est pratiquée chez des enfants, la croissance est arrêtée et peut aboutir au *crétinisme*; si l'opération porte sur des personnes adultes, la face devient bouffie et prend un aspect hébété, les facultés cérébrales diminuent et au bout de quelques années le malade finit ses jours dans l'idiotie. Il y a d'ailleurs toujours une relation entre le crétinisme et l'atrophie du corps thyroïde.

L'explication de ces faits n'est pas connue. On pense qu'en l'absence du corps thyroïde l'organisme est empoisonné par une toxine engendrée par les éléments cellulaires; le corps thyroïde sécréterait une substance particulière qui neutraliserait cette toxine à mesure qu'elle se forme dans l'organisme.

3° **GLANDE PITUITAIRE OU HYPOPHYSE.** — Cet organe a été étudié à propos de l'encéphale (voir p. 109). Dans tous les cas où on a réussi à l'enlever, il en est résulté des troubles graves dans la nutrition générale: c'étaient des tremblements et des convulsions rappelant tout à fait les accidents qu'amène l'ablation du corps thyroïde. Ces deux organes ont peut-être le même rôle; cette analogie de fonction ne serait pas étonnante, attendu que le corps thyroïde se développe absolument comme la glande pituitaire par un bourgeonnement des parois du pharynx.

4° **THYMUS.** — C'est un autre organe glandulaire qui est situé au voisinage du corps

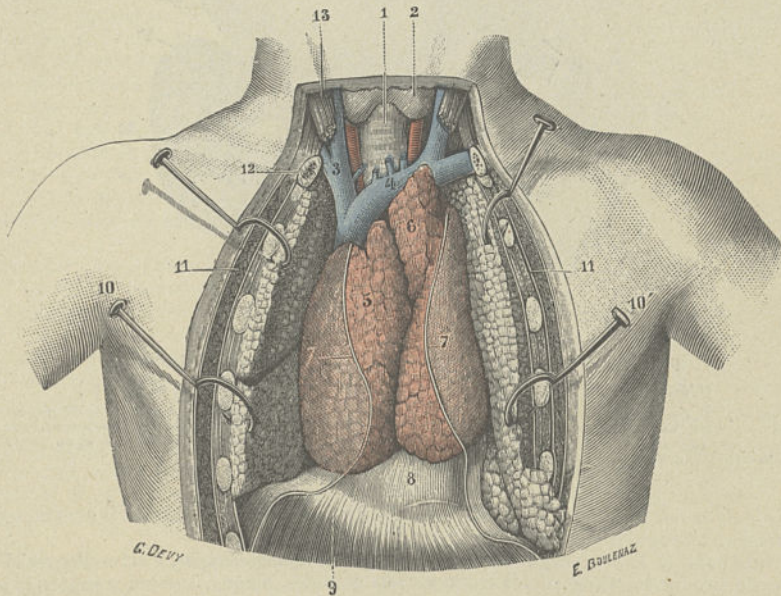


Fig. 276. — Le thymus. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

Les deux lobes du thymus 5 et 6, placés au-devant de la trachée 1, et au-dessous du corps thyroïde 2. — 3 et 4, tronc brachio-céphalique veineux. — 7, plevre. — 8, péricarde. — 10 et 10', poumons tirés en dehors.

thyroïde, à l'entrée de la poitrine et en avant de la trachée. Il comprend deux lobes distincts, formés chacun d'une série de petites masses glandulaires attachées en file le long d'un cordon longitudinal; seulement tous ces lobules sont agglomérés les uns contre les autres dans la poitrine et forment un organe d'apparence massive (fig. 276). Son origine est dans un diverticule de la 3^e paire de fentes branchiales embryonnaires.

C'est ce qu'on appelle le *riz de veau* chez les jeunes Ruminants, terme tiré de l'existence des lobules en chapelet. Il est très développé chez l'enfant, diminue progressivement de volume chez l'adulte et finit par s'atrophier en subissant une dégénérescence grasseuse. Il n'y a que chez les Reptiles qu'il persiste toute la vie.

Ses fonctions sont inconnues. Les animaux que l'on opère paraissent être tout d'abord arrêtés dans leur développement, tout en mangeant beaucoup, mais la croissance ne tarde pas à reprendre sa marche normale.

5° LA RATE. — La rate est un organe impair, de forme ovale, situé dans l'abdomen, à gauche de l'estomac. Elle est de couleur rouge foncé et pèse en moyenne 200 grammes. Elle ne possède aucune relation avec le tube digestif et constitue une véritable glande close; des replis du péritoine la rattachent au diaphragme et à l'estomac. Elle reçoit une quantité de sang qui est énorme relativement à son volume; l'artère splénique, branche du tronc cœliaque, qui le lui amène, a près d'un centimètre de diamètre, ainsi que la

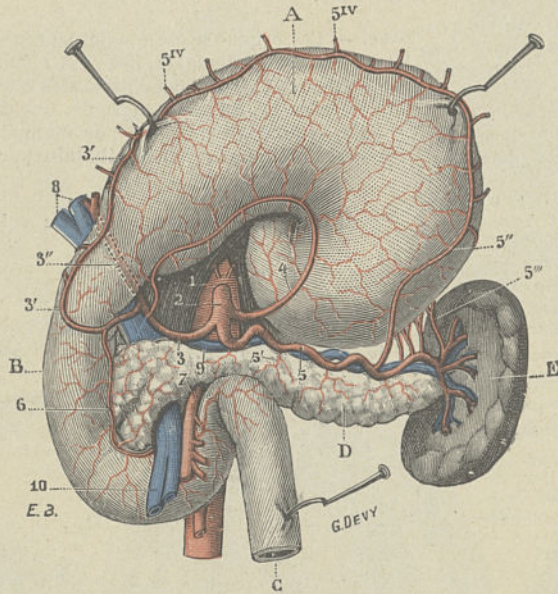


Fig. 277. — Emplacement de la rate. (L. TESTUT, Anatomie humaine.)

(L'estomac a été redressé vers le haut pour laisser voir le pancréas et la rate.)

A, estomac. — B, duodénum dans la courbure duquel se trouve la tête du pancréas D. A gauche de celui-ci se trouve la rate E. — 1, aorte. — 2, tronc cœliaque avec ses trois branches; artère hépatique 3, envoyant une branche sur l'estomac; artère coronaire stomacique 4 et artère splénique 5, qui envoie des ramifications à l'estomac et au pancréas. — 7, artère mésentérique supérieure. — 8, veine porte. — 9, veine splénique.

veine splénique par laquelle il sort; des vaisseaux lymphatiques et des nerfs accompagnent ces vaisseaux sanguins (fig. 277).

La rate est à la fois un organe *hématopoïétique* et *leucopoïétique*, c'est-à-dire qu'elle est un lieu de production de globules rouges et de globules blancs, surtout pendant le jeune âge. En outre, chez l'adulte, elle paraît être un organe destructeur de globules rouges.

1° *Formation des globules rouges.* — La surface de la rate est formée par une membrane fibreuse qui constitue ce qu'on pourrait appeler la *peau* de cet organe; cette membrane envoie à l'intérieur de très nombreux prolongements ou *travées* qui se subdivisent à leur tour un grand nombre de fois en s'anastomosant, et qui forment ainsi une masse spongieuse à cavités irrégulières comme celles des ganglions lymphatiques (fig. 278).

Ces cavités sont remplies d'une substance molle, de couleur rouge lie de vin, appelée la *pulpe splénique*, formée uniquement de cellules dans lesquelles on reconnaît tous les éléments figurés du sang: les unes sont des leucocytes, les autres sont rouges et sont regardées comme des jeunes hématies en train de se constituer aux dépens des globules blancs.

Le développement de la rate chez les Mammifères est mal connu; mais l'étude précise en a été faite chez les Poissons et les Batraciens. Chez ces animaux, on a vu la rate constituée à l'origine par des amas de cellules incolores d'origine mésodermique, logées dans

les mailles d'un réseau conjonctif entre lesquelles le sang se fraye un passage. Ces cellules se détachent peu à peu de la masse à laquelle elles appartiennent, se chargent d'hémoglobine et se transforment en véritables globules rouges qui tombent dans le torrent circulatoire; les autres restent à l'état de leucocytes.

On est fondé à admettre les mêmes processus chez les Mammifères. Et deux autres observations viennent encore à l'appui de cette hypothèse :

1° Lorsqu'on excite les nerfs de la rate et qu'on exagère ainsi l'action de cet organe, le sang qui en sort est plus riche en globules rouges que dans les conditions ordinaires;

2° L'extirpation de la rate chez un chien amène une diminution des globules rouges dans le sang.

D'autre part, on trouve encore dans la pulpe splénique de l'adulte, des globules rouges déformés, fragmentés, certains réduits à des granules pigmentaires ou phagocytés par des leucocytes mononucléaires. Certains auteurs voient dans ces éléments la preuve d'une destruction active des globules rouges; leur formation serait au contraire particulièrement intense dans le jeune âge.

2° *Formation des globules blancs.* — L'artère splénique en pénétrant dans la rate se divise en quatre ou cinq branches qui se rendent chacune dans un territoire distinct; puis chaque branche se ramifie en un pinceau de fines artérioles qui se subdivisent à leur tour en nombreux vaisseaux capillaires. Sur le trajet de ces vaisseaux se trouvent de nombreux petits corps blanchâtres, de forme arrondie, les *corpuscules de Malpighi*, qui sont isolés les uns des autres et ne mesurent guère que $\frac{2}{10}$ de millimètre. Ils ont la même structure que les ganglions lymphatiques, sont remplis de *lymphocytes* et sont regardés comme des lieux de production des globules blancs.

Ajoutons que l'ablation de la rate n'entraîne aucun accident; l'homme et les animaux qui en sont privés continuent à bien se porter. Seulement les ganglions lymphatiques augmentent de volume. Cela indique, non pas que la rate ne joue aucun rôle essentiel, mais qu'elle peut être suppléée dans sa fonction par d'autres organes, au moins momentanément. Rappelons toutefois qu'en l'absence de la rate, le pancréas sécrète un liquide pancréatique inactif qui ne renferme que de la *protrypsine* et qui manque de *trypsine*; cela est un exemple de la dépendance physiologiste souvent étroite qui existe entre les différents organes d'un animal. La rate élaborerait un ferment spécial, qu'une température de 100° rend inactif, et qui se déverserait par la veine splénique dans le sang pour arriver finalement dans le pancréas, à qui il serait indispensable pour faire la synthèse de la *trypsine* (p. 254).

6° *AMYGDALES.* — Les *amygdales* sont deux petites masses charnues situées au fond du pharynx; elles sont formées comme les autres glandes closes de cellules emprisonnées dans les mailles d'un tissu conjonctif.

Leur rôle, contrairement à celui des glandes précédentes, paraît très accessoire, car on a coutume de les extirper lorsque leur développement est tel qu'elles gênent la déglutition, et leur absence n'amène jamais de troubles dans la nutrition.

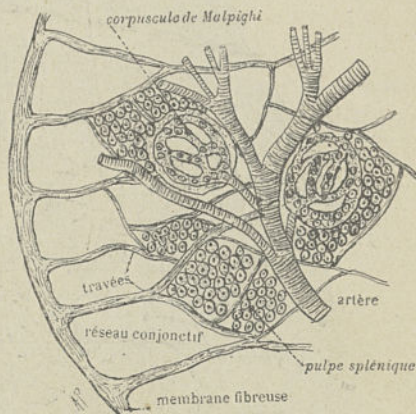


Fig. 278. — Coupe d'un fragment de rate (Schématique).

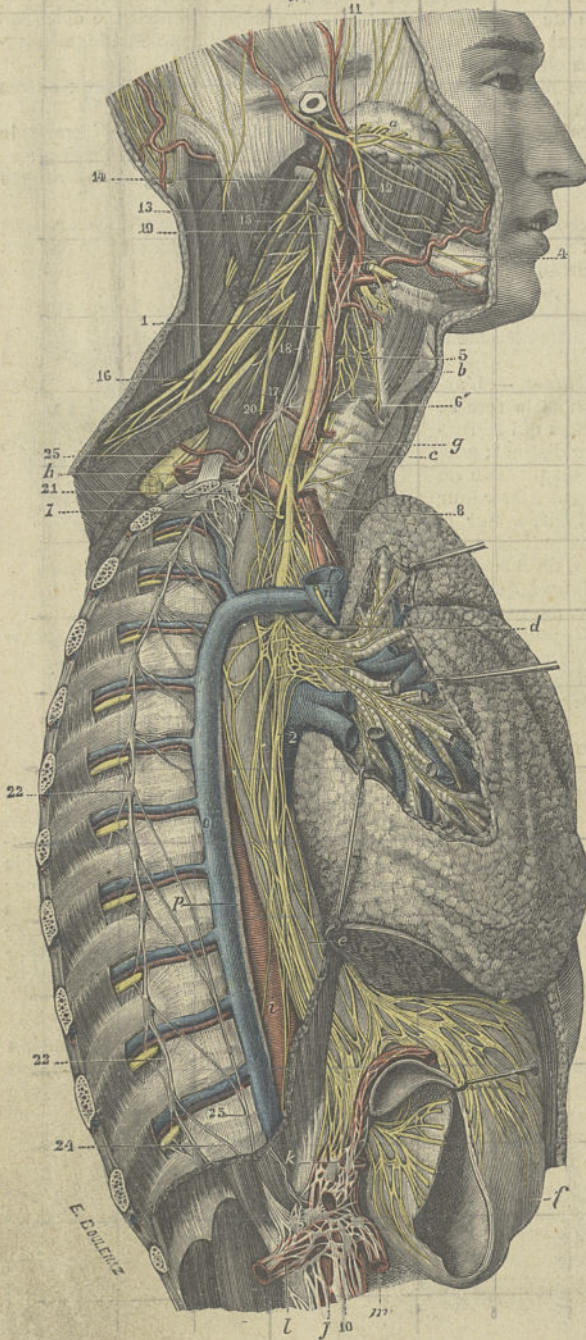


Fig. 279.

Ensemble du corps vu du côté droit montrant en particulier les poumons *d*, l'estomac *e*, l'aorte et la carotide (en rouge), la veine azygos (en bleu), le pneumogastrique (en jaune, 1) et le sympathique (en noir, 22).

1, pneumogastrique se continuant dans les poumons (9, plexus bronchique), dans le cœur (branches cardiaques, 8) et dans l'estomac *f*;

22, le sympathique droit avec ses trois ganglions cervicaux 19, 20 et 21; il envoie le grand splanchnique 23, le petit splanchnique 24 et se continue dans le plexus solaire 10;

19, nerf facial; 12, glosso-pharyngien;

13, hypoglosse;

14, spinal;

17, nerf phrénique;

a, glande parotide;

b, larynx;

c, trachée;

d, bronches et ses divisions;

e, œsophage;

f, estomac;

g, carotide;

h, sous-clavière;

i et *j*, aorte;

l, artère rénale;

m, artère mésentérique supérieure;

n, veine cave supérieure;

o, veine azygos;

p, canal thoracique.

Fig. 279. — Ensemble du corps vu du côté droit.
(L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

CHAPITRE X

RÉSERVES NUTRITIVES

L'organisme peut ne pas utiliser immédiatement la somme des substances nutritives que lui apporte chaque jour l'absorption ; il les emmagasine alors à titre de réserves dans des régions déterminées, soit en les accumulant dans l'état où elles lui arrivent, soit en les transformant au préalable.

Les principales substances de réserves sont le *glycogène* et les *graisses*. On peut dire également que l'albumine du plasma sanguin est une réserve constamment renouvelée et dans laquelle puisent constamment les éléments cellulaires.

Dans le même ordre d'idées, on peut regarder également comme une réserve l'*oxygène* fixé sur les globules sanguins. Pendant la nuit, nous en absorbons plus que pendant le jour, et c'est surtout pendant la journée que ce gaz est ensuite utilisé pour produire de la chaleur et du travail ; conséquemment la quantité de CO_2 engendrée par l'organisme est plus grande le jour que la nuit.

I. Le glycogène représente l'état sous lequel l'organisme met en réserve l'excès de sucre qu'il reçoit ; il s'accumule surtout dans le foie, mais on en trouve également dans le cœur, dans les muscles et dans l'embryon (p. 376).

II. Les graisses sont encore plus répandues ; on sait qu'elles se déposent principalement dans les cellules du tissu conjonctif qu'elles envahissent peu à peu, au point d'éliminer tout le protoplasme (p. 27).

Elles s'accumulent surtout dans le tissu cellulaire sous-cutané, dans les replis du péritoine et en particulier dans l'épiploon, autour des reins et du cœur. Elles peuvent même envahir complètement certains organes comme le foie (engraissement des oiseaux pour l'obtention des foies gras).

Chez beaucoup de Mammifères, la graisse forme sous la peau une couche plus ou moins épaisse de lard qui les protège en même temps contre le refroidissement.

Origine de la graisse. — Tous les aliments quels qu'ils soient donnent lieu à une formation de graisse dans l'organisme, mais à un degré très inégal.

1° D'abord des graisses absorbées peuvent se fixer telles quelles dans des cellules conjonctives. Un animal nourri exclusivement avec des graisses en met environ 50 p. 100 en réserve sans leur faire subir, croit-on, de transformations préalables ;

2° Les albuminoïdes n'en produisent qu'une faible quantité. Les expé-

riences faites sur des chiens ont bien montré qu'on leur fait former de la graisse en les nourrissant exclusivement avec de la viande maigre et en les condamnant au repos, mais ce rôle des peptones reste, en somme, secondaire, car chacun sait que les animaux carnassiers, lion, tigre, etc., qui se nourrissent exclusivement de chair, ne sont jamais des animaux gras.

Il est probable que les peptones donnent d'abord du glycogène dans le foie, glycogène qui serait transformé ultérieurement en graisse.

3° Ce sont surtout les aliments féculents qui produisent de la graisse dans l'organisme. Une oie maigre, nourrie exclusivement avec de la farine de maïs, augmente de cinq livres en cinq semaines.

Chacun sait que les abeilles font leur cire (matière grasse) avec des matières sucrées et que l'on engraisse les animaux de boucherie uniquement avec des pommes de terre, du son ou autres produits végétaux; d'ailleurs, ces animaux ont un régime normal herbivore. Ils engraissent d'autant plus vite que la nourriture est plus copieuse et qu'ils produisent moins de travail, qui les obligerait à brûler leurs sucres. Il y a donc là transformation évidente du sucre, non plus en glycogène, mais en graisse; on ignore d'ailleurs quelles sont les réactions chimiques qui se passent dans ce phénomène.

Beaucoup d'observations s'accordent pour montrer que la graisse constitue une réserve: les malades maigrissent rapidement quand ils n'ont qu'une nourriture insuffisante; les animaux hibernants, marmotte, ours, hérisson, se réveillent toujours très amaigris au printemps. Dans tous ces cas, la graisse est consommée par l'organisme qui la brûle pour entretenir la chaleur animale.

Enfin la graisse étant mauvaise conductrice de la chaleur, elle empêche le corps de se refroidir quand elle forme une couche continue de lard; sous ce rapport son rôle est très important chez les Mammifères des pays froids et chez les Mammifères aquatiques, baleine, cachalot, etc.

CHAPITRE XI

LA CHALEUR ANIMALE

Chacun sait que notre corps produit constamment de la chaleur et qu'il est généralement à une température supérieure à celle de l'air extérieur, car un thermomètre s'élève quand on le place sous l'aisselle. Bien mieux, quoique notre corps soit exposé au rayonnement comme tout ce qui est placé dans l'air, sa température reste toujours sensiblement constante, quelles que soient les conditions extérieures ; nous sommes organisés aussi bien pour empêcher notre corps de s'échauffer quand la température extérieure s'élève, que pour l'empêcher de se refroidir quand celle-ci s'abaisse.

Disons tout de suite que la chaleur ainsi engendrée régulièrement dans notre organisme n'est pas autre chose que le résultat de toutes les réactions chimiques, et en particulier des oxydations, qui se passent dans tous nos tissus et que nous avons déjà signalées à différentes reprises.

Et maintenant étudions la température chez les différents groupes d'animaux, les organes qui sont particulièrement le siège d'une production de chaleur et enfin par quels procédés notre corps arrive à lutter contre la température du dehors pour maintenir la sienne toujours constante.

§ 1. Température du corps des animaux. — La température de notre corps oscille entre 37° et 37°,8 ; elle varie de quelques dixièmes de degré avec les différentes personnes et elle augmente également de quelques dixièmes pendant les digestions ; pendant le sommeil elle s'abaisse progressivement pour atteindre son minimum vers quatre heures du matin, puis elle remonte progressivement et atteint son maximum vers quatre heures du soir. A partir de 38°, c'est la fièvre.

La plupart des Mammifères ont à peu près 2° de plus que nous et leur température moyenne est de 39° ; le singe et le cheval font exception : leur corps est à 38°. Ajoutons que la température varie d'ailleurs avec le développement des poils ; un mouton qui vient d'être tondu se refroidit légèrement et tombe de 39° à 38°. L'abaissement est encore plus considérable chez un lapin rasé.

On sait qu'il y a certains Mammifères, en particulier la marmotte, la chauve-souris et le hérisson, qui s'engourdissent aux approches du froid et dorment tout l'hiver. Pendant leur sommeil hibernant, ces animaux ne prennent aucune nourriture et consomment insensiblement les réserves de graisse que renferme leur corps. La marmotte, sur laquelle on a fait des recherches précises, ne respire plus que trois ou quatre fois par minute ; les battements du cœur sont considérablement ralentis et, en raison du peu d'oxygène et du peu de matières alimentaires absorbées, les actions chimiques internes sont peu intenses.

Aussi la température de leur corps, qui est normalement de 37°, finit-elle par se rapprocher peu à peu de celle du milieu extérieur.

On a vu de ces animaux tomber à 8°, alors qu'il y avait 7° au dehors.

Mais dès que la marmotte est réveillée, sa température remonte très vite à 37° ; elle est considérablement amaigrie et elle a besoin de recevoir immédiatement des aliments ; elle est incapable, une fois éveillée, de supporter sans mourir un jeûne d'une journée.

Les Mammifères non hibernants sont incapables de résister à un abaissement aussi considérable de leur température : un lapin meurt quand on le refroidit à 16° et l'homme qui se laisse surprendre par le sommeil dans les glaces ou les neiges ne se réveille plus.

Les Oiseaux sont, de tous les animaux, ceux qui possèdent la température la plus élevée ; elle varie de 40° à 44° ; chez nos oiseaux de basse-cour, elle est aux environs de 42°. Cela tient aux oxydations intenses qui se passent dans leurs muscles, obligés de fournir du travail considérable pendant le vol ; de plus, leur plumage, mauvais conducteur de la chaleur, les protège contre le rayonnement externe.

Les Mammifères et les Oiseaux étant capables de s'affranchir des variations de la température extérieure par les moyens dont nous parlerons tout à l'heure, sont qualifiés *d'animaux à température constante*, ou encore *d'animaux à sang chaud*.

Les autres Vertébrés, reptiles, batraciens et poissons, ainsi que tous les Invertébrés, possèdent au contraire une température qui souvent ne dépasse même pas d'un degré celle du milieu où ils vivent. Les oxydations dont ils sont le siège sont très peu intenses et ne leur permettent pas de lutter contre le rayonnement.

Ce n'est pas à dire qu'ils ne puissent pas supporter des températures plus élevées que celle de l'eau, par exemple, où ils vivent. On a fait vivre des Poissons, des Tortues et des Insectes à 38° ; les magnaneries où l'on élève les vers à soie sont maintenues à 40°. Mais une température de 42°, quand elle se maintient quelque temps chez l'homme, est toujours mortelle (forte fièvre).

Inversement on peut abaisser considérablement la température de ces animaux sans les tuer : par exemple, on fait congeler l'eau d'un bassin renfermant des grenouilles, des crapauds ou certains poissons ; au bout de quelque temps ces animaux paraissent eux-mêmes complètement gelés au milieu de la glace, car leurs membres sont rigides et cassants. Néanmoins ils reviennent insensiblement à la vie à mesure que l'on élève la température et que l'on fait fondre la glace autour d'eux.

Aussi donne-t-on à toutes ces espèces le qualificatif *d'animaux à température variable*, expression préférable à la vieille dénomination *d'animaux à sang froid*, qui laisse supposer que chez eux la production de chaleur est nulle et qu'ils sont incapables de vivre à la même température que les Mammifères.

La fièvre est due à une élévation de température déterminée elle-même par la production d'une plus grande quantité de chaleur et non, comme certains auteurs l'ont prétendu, par une diminution de la quantité de calorifique que rayonne le corps. On s'accorde à regarder comme causes déterminantes de la fièvre, soit des troubles du système nerveux, soit des maladies parasitaires (affections microbiennes, hématozoaires du paludisme,

p. 434) dont les germes secrètent des toxines qui portent leur action sur le système nerveux.

§ 2. **Origine de la chaleur animale.** — Nous avons déjà exposé à différentes reprises que le protoplasme est le siège de réactions chimiques continues qui se passent entre ce protoplasme et les substances étrangères ou *aliments* qu'il s'incorpore. Elles consistent surtout en oxydations que détermine l'oxygène absorbé à chaque instant par la respiration, oxydations qui, selon la règle générale, sont accompagnées d'un dégagement de chaleur.

Selon que les oxydations sont plus ou moins intenses, la chaleur engendrée est plus ou moins considérable.

Tous les aliments sans exception, albuminoïdes, graisses et glucoses, sont brûlés par l'oxygène et dégagent une certaine quantité de chaleur.

1° Les albuminoïdes servent surtout à la régénération du protoplasme auquel ils apportent de l'azote ; leur oxydation est très faible et paraît donner lieu à toute une série de composés sur la plupart desquels nous ne savons encore rien de bien précis. Ceux que nous connaissons le mieux sont l'*urée*, principe essentiel de l'urine, la *cholestérine* et les *acides glycocholique* et *taurocholique* de la bile, et enfin l'acide carbonique.

2° Les glucoses, qui ont pour formule $C^6(H^2O)^6$, renferment C^6 qui se combine avec l'oxygène pour donner de l'*acide carbonique* et une certaine quantité de chaleur ; leur hydrogène étant déjà combiné avec l'oxygène, c'est-à-dire à l'état d'eau $(H^2O)^6$, ne subit pas de modifications.

3° Enfin les graisses sont aussi énergiquement oxydées que les sucres. La graisse de bœuf ou margarine, par exemple, est essentiellement formée d'acide margarique $C^{16}H^{32}O^2$; si nous écrivons cette formule sous la forme $C^{16}H^{28}(H^2O)^2$, nous voyons qu'il y a seulement quatre atomes d'hydrogène qui sont déjà à l'état d'eau et qui ne subiront pas de transformations, tandis qu'il reste C^{16} et H^{28} qui pourront s'oxyder dans l'organisme en produisant 16 CO^2 , 14 H^2O et une quantité de chaleur bien supérieure à celle que dégage le sucre, puisque ce dernier n'a que C^6 à oxyder. Ce sont donc, comme on le voit, les sucres et les graisses, et *particulièrement ces dernières*, qui engendrent de la chaleur dans l'organisme ; c'est pour cela qu'on les qualifie couramment d'*aliments thermogènes*. La combustion d'un gramme d'albuminoïdes dégage 4,8 calories ; celle d'un gramme de glucose produit 4,2 calories et celle d'un gramme de graisse dégage 9,8 calories.

Il n'est pas sans importance de remarquer que la combinaison directe de l'oxygène avec le sucre et les graisses n'est pas réalisable en dehors de l'organisme à une température aussi peu élevée que celle du corps (38°). Quand on injecte dans le sang une substance très avide d'oxygène, telle que de l'acide pyrogallique, elle reparait tout entière dans les urines sans avoir été oxydée. Aussi aujourd'hui peu de physiologistes pensent encore comme Lavoisier qui admettait une combinaison directe de l'oxygène avec les substances ternaires et comparait les combustions de l'organisme à celle du charbon dans une machine à vapeur. Il est plus vraisemblable, comme l'a dit Claude Bernard, que le CO^2 et la vapeur d'eau rejetés par les poumons sont les produits ultimes de réactions internes très complexes sur lesquelles nous ne savons encore que peu de choses et qui consistent peut-être en *fermentations* d'une nature particulière ; l'organisme serait alors comparable non à la machine à vapeur, mais à la cuve en fermentation du brasseur.

Enfin ajoutons, et c'est là un point capital, que les *aliments thermogènes* ne sont pas seuls à être brûlés dans l'organisme. L'*oxygène porte aussi bien son action sur les tissus eux-mêmes*, dont il oxyde le carbone et l'hydrogène, de sorte qu'il y a usure incessante des tissus organiques en même temps que production de chaleur. L'homme dépérit et perd de son poids pendant le jeûne à cause de cette déperdition progressive qu'éprouvent ses tissus et qui n'est plus compensée par l'apport d'aliments.

On peut dire que ces derniers, brûlés dans l'organisme à mesure qu'ils y sont incorporés, préservent nos tissus qui, sans eux, seraient seuls à subir les effets destructeurs de l'oxygène.

Nous avons établi dans l'histoire de la respiration qu'un adulte absorbe plus de 500 litres d'oxygène par jour, soit plus de 300 kilogrammes par an ! Et non seulement cette quantité considérable d'oxygène n'augmente pas le poids du corps, mais elle ne réussirait qu'à le réduire par l'oxydation continue des tissus, si les aliments ne venaient réparer d'une façon non moins continue les pertes de l'organisme.

§ 3. **Parties du corps qui engendrent de la chaleur.** — Ce que nous venons de dire de l'origine de la chaleur animale, nous montre en même temps que cette chaleur se produit dans toutes les parties vivantes de l'organisme et non pas seulement dans une région déterminée. Tout tissu vivant respire et est par conséquent le siège d'oxydations et d'une production de chaleur, en même temps qu'il engendre de l'acide carbonique et de l'eau.

Pour le démontrer expérimentalement, nous n'avons qu'à rappeler les expériences qui, dans l'histoire de la respiration, nous ont servi à établir les lieux de production de l'anhydride carbonique (voir p. 351) ;

1° La respiration et les combustions qui en dérivent ne se produisent pas uniquement dans les poumons comme le croyait Lavoisier, car si on place dans un flacon d'hydrogène ou d'azote une grenouille dont les poumons ont été préalablement pressés et vidés de leur air, l'animal continue à dégager du CO^2 ;

2° Un fragment de muscle enfermé dans un vase hermétiquement clos absorbe de l'oxygène et dégage CO^2 (expérience de Paul Bert) (p. 351) ;

3° L'analyse chimique montre que le sang qui entre dans un organe quelconque renferme toujours moins de CO^2 et d'urée que celui qui en sort ;

4° Les glandes, quand elles fonctionnent, et les muscles quand ils soulèvent un poids, produisent toujours davantage de chaleur.

Mais si les oxydations et la production de chaleur se font un peu partout dans l'organisme, il existe quelques régions où elles acquièrent une plus grande intensité. Ce sont le *cerveau*, les *glandes* et surtout les *muscles*.

I. Le *cerveau* présente toujours une très légère augmentation de température lorsqu'il fonctionne, et chacun sait, en effet, que la tête s'échauffe toujours légèrement à la suite d'un travail cérébral un peu soutenu. Cette augmentation peut atteindre un demi degré.

Mais les oxydations qui s'y produisent sont en somme toujours relativement faibles, parce qu'elles ne portent guère que sur des *matières albuminoïdes*, qui sont à peu près les seules qu'absorbe la substance nerveuse et qui sont faiblement thermogènes. Le travail cérébral détermine toujours une augmentation des phosphates dans l'urine. Pendant le sommeil, la tempé-

rature du cerveau s'abaisse toujours notablement et sa quantité de sang diminue, ce qui fait penser que le sommeil normal est peut-être la conséquence d'une fatigue des éléments nerveux.

II. Lorsque les glandes, telles que celles de la salive, entrent en activité, elles reçoivent quatre ou cinq fois plus de sang et par conséquent beaucoup plus d'oxygène que lorsqu'elles sont au repos ; leurs cellules deviennent le siège de réactions chimiques beaucoup plus intenses, destinées à produire le liquide spécial sécrété par la glande.

Un petit thermomètre placé dans un conduit excréteur d'une glande en activité indique une température supérieure de 1° ou de 1°,5 à celle du sang qui pénètre dans la même glande.

III. Les *muscles* consomment particulièrement des substances ternaires, *graisses* et *glucoses*, qui y sont oxydées et fournissent CO² et de l'eau. Ils produisent au contraire fort peu d'urée, ce qui paraît montrer qu'ils n'absorbent que très faiblement les aliments azotés ; et, de fait, les ouvriers manœuvres et tous ceux qui se livrent exclusivement à un travail physique, trouvent une plus grande somme d'énergie à consommer des aliments ternaires, plutôt que des aliments azotés. Le bœuf, le cheval, etc., qui fournissent un travail considérable et soutenu ont une alimentation essentiellement ternaire.

Or, comme les muscles à eux seuls forment de beaucoup la masse la plus importante du corps (50 p. 100 du poids total), il en résulte que ce sont eux qui produisent la plus grande partie du CO² et de la vapeur d'eau rejetés en dehors. Ils sont la *source principale de la chaleur de l'organisme*. Ils engendrent aussi de l'acide lactique qui paraît réabsorbé plus tard (p. 67).

§ 4. **Mesure de la chaleur dégagée.** — Laplace et Lavoisier furent les premiers (1780) à mesurer la quantité de chaleur dégagée par un animal. Ils opérèrent sur un cochon d'Inde qu'ils enfermèrent tout simplement dans un calorimètre à glace, et ils firent leurs mesures comme dans une expérience de calorimétrie ordinaire.

Dans le calorimètre de Richet et d'Arsonval, l'animal est enfermé dans une cavité que circonscrit un espace annulaire rempli d'air ou de liquide et et que la chaleur dégagée par l'animal fait plus ou moins dilater.

Dans ces dernières années, un physiologiste américain, Atwater, paraît avoir poussé la précision aussi loin que possible dans les recherches de cette nature, en se servant d'une grande chambre en verre dans laquelle un homme, soumis à l'expérience, restait enfermé plusieurs jours ; elle était munie de tous les accessoires nécessaires pour pouvoir mesurer toute la chaleur rayonnée par le sujet soit au repos, soit pendant le travail. Ce travail consistait à pédaler sur une bicyclette fixe munie d'un ergomètre permettant de mesurer le travail. En outre, l'essieu communiquait à une dynamo dont le courant, à son tour, traversait une lampe à incandescence dont on mesurait directement la chaleur à l'aide d'un calorimètre.

Enfin, on peut encore mesurer la quantité de chaleur produite par un animal en calculant la chaleur dégagée par la combustion des aliments qu'il a absorbés. Mais dans l'emploi de cette méthode, il y a lieu de tenir compte que *les aliments ne sont jamais absorbés en totalité* ; il y a un déchet, évalué

en moyenne à 5 p. 100, qui se retrouve toujours dans les fèces et qu'il faut défalquer dans les calculs. Cette correction faite, on arrive néanmoins à un chiffre de beaucoup supérieur à celui qu'indiquerait le calorimètre. Car de toute la chaleur produite dans l'intérieur du corps par la combustion des aliments, chez l'homme *au repos* et à la *température de 15°*, il n'y en a guère que les deux tiers qui soient rayonnés; l'autre tiers est utilisé pour échauffer les aliments (4 p. 100), pour l'évaporation de l'eau à la surface de la peau et des poumons (20 p. 100), et enfin pour le travail du cœur et de la respiration (18 p. 100). Enfin, s'il y a travail musculaire, une certaine proportion de la chaleur produite sera transformée en travail mécanique.

Ces différents procédés ont permis d'établir que l'homme adulte au repos produit entre 2.400 et 2.600 calories; dans le cas d'un travail fatigant, on arrive à un chiffre variant entre 3.200 et 3.800 calories suivant le travail fourni.

§ 5. **Détermination de la ration alimentaire.** — Les considérations qui précèdent nous conduisent à la détermination scientifique de la ration alimentaire. Les aliments albuminoïdes, avons-nous dit, tout en étant brûlés, servent particulièrement à la régénération des tissus. Quant à la chaleur produite par les graisses et les sucres, elle sert non seulement à entretenir la température de l'organisme, mais c'est encore toujours elle qui se transforme quand il y a un travail musculaire à effectuer. Plus le travail musculaire à produire sera considérable, plus la consommation d'aliments thermogènes devra être grande. La substance cérébrale, au contraire, utilise particulièrement des aliments azotés. Il s'ensuit que la ration alimentaire variera nécessairement chez un adulte suivant qu'il restera au repos ou qu'il se livrera à un travail actif.

1° *Ration d'entretien.* — On appelle ainsi la somme d'aliments que doit consommer un adulte *au repos* pour empêcher son poids d'augmenter ou de diminuer, c'est-à-dire pour entretenir tout juste ses tissus et réparer les pertes de son organisme.

Or, on a calculé que l'homme rejette journellement en moyenne, par ses excréments, 20 grammes d'azote (urée, acide urique, etc.), 300 grammes de carbone (CO², urée, etc.), 22 grammes de sels divers dont la moitié consiste en chlorure de sodium, enfin 2.500 grammes d'eau (1.500 par les urines, 500 par la peau, 500 par les poumons).

Atwater, qui a mesuré ces pertes au cours de ses expériences, a ensuite calculé que pour les réparer l'homme ne se livrant à aucun travail doit absorber environ 110 grammes d'albumine, 56 grammes de graisse et 425 grammes d'hydrates de carbone (sucre), sans compter les boissons; les sels se retrouvent dans les aliments ordinaires.

A. Gauthier était arrivé à des chiffres très voisins de ceux d'Atwater en prenant comme base de ses calculs la quantité des différentes matières alimentaires qui entrent journellement dans Paris.

L'albumine représente à peu près le quart des hydrates de carbone, et les hygiénistes s'accordent à dire que cette proportion ne doit jamais être dépassée; il est même bon que cette albumine ne soit jamais entièrement d'origine animale et qu'une moitié au moins soit d'origine végétale.

D'après ces données, on voit qu'il suffira de connaître la composition chi-

mique des différents aliments pour combiner une série de menus divers dans lesquels on trouvera les quantités d'albumine, de graisse et de sucre indispensables pour réparer les pertes de l'organisme. Il est vrai qu'il est difficile d'arriver en pareille matière à une précision scientifique, à cause du grand nombre d'aliments, de leur variété de composition et de leur inégale digestibilité; les menus pourront être par suite fort variés. En voici un exemple¹:

ALIMENTS	POIDS	ALBUMINE	GRAISSES	HYDRATES DE CARBONE
Pain	400	32	4	200
Viande	150	30	3	»
OEufs	100	16	12	»
Lait	100	4	4	4
Légumés secs	100	20	1	57
Pommes de terre	200	3	»	40
Corps gras	60	»	40	»
Sucre	31	»	»	29
Alcool (1/2 lit. de vin à 9°)	45	»	»	80 ²
Total		105	64	410

Pour déterminer la ration alimentaire, on peut encore prendre comme base la quantité de chaleur dégagée par l'organisme, et chercher quelle est la somme d'aliments capable d'engendrer en brûlant cette même quantité de chaleur. Atwater, dans les expériences calorimétriques dont nous parlions plus haut et qui ont porté sur un homme enfermé plusieurs jours dans l'appareil, a trouvé que la quantité totale d'énergie fournie par le corps dans un temps donné (chaleur rayonnée, chaleur employée pour la transpiration pulmonaire et pour l'échauffement des aliments) est exactement la même que si tous les aliments pris par le sujet étaient brûlés directement dans le calorimètre.

La combustion des 110 grammes d'albuminoïdes, des 56 grammes de graisse et des 425 grammes de sucre qui doivent être absorbés journellement dégagera donc :

Albuminoïdes	110 × 4,8 =	528 calories.
Sucre	425 × 4,2 =	1785 —
Graisse	56 × 9,8 =	638 —
Total		2951 —

Mais dans la pratique ce chiffre n'est pas atteint, parce qu'il y a toujours une partie de la ration alimentaire qui n'est pas absorbée par l'intestin et qui se retrouve dans les excréments, sans compter, d'autre part, que la combustion de ce qui est absorbé n'est jamais complète. Ces différentes causes produisent un déchet d'un dixième environ, soit $2950 : 10 = 295$, et il reste par conséquent $2950 - 295 = 2655$ calories réellement produites et utilisables. Si l'on prend 70 kilogrammes pour le poids moyen du corps cela fait 37 calories que l'homme produit journellement par kilogramme de son poids.

Les enfants, dont la perte par rayonnement est proportionnellement beau-

¹ HÉDON. *Précis de physiologie*, p. 348.

² Les 45 grammes d'alcool contenus dans un demi-litre de vin produisent $7 \times 45 = 315$ calories et équivalent sensiblement à 80 grammes de sucre qui dégagent $4 \times 80 = 320$ calories.

coup plus grande que chez l'adulte, produisent dans le très jeune âge jusqu'à 90 calories par kilogramme de leur poids; à cinq ans, ils en produisent environ 80.

Pratiquement, la ration alimentaire d'un adulte ne se livrant à aucun travail ou à un travail très modéré, devra donc être établie de façon à fournir entre 2.500 et 2.600 calories, en supposant la température extérieure aux environs de 15°, cette ration devant d'ailleurs être augmentée ou diminuée suivant que la température extérieure s'abaisse ou s'élève, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

On appelle *aliments isodynamiques* ceux qui dégagent le même nombre de calories en brûlant et qui peuvent se substituer dans l'alimentation. C'est ainsi que les albuminoïdes et les sucres, qui produisent respectivement 4,8 calories et 4,2 calories par gramme sont sensiblement isodynamiques. On s'est basé sur cette notion pour calculer quelle est, dans la pratique, la quantité d'un aliment donné qui peut être substituée à telle quantité d'un autre pour produire la même quantité de chaleur. On a établi qu'un gramme d'albuminoïdes équivaut à un gramme de sucre ou à un demi-gramme de graisse.

Mais Chauveau estime que les aliments, et spécialement les graisses, ne peuvent avoir un effet utile qu'après leur transformation en sucre; de sorte que pour cet auteur le véritable moyen de déterminer les aliments qui s'équivalent au point de vue énergétique consiste à calculer les quantités qui équivalent à un gramme de sucre. Il a trouvé qu'un gramme d'albumine et un gramme de graisse équivalent respectivement à 0,8 gramme et à 1,60 gramme de sucre.

2° *Ration de travail.* — C'est celle de l'homme se livrant à un travail musculaire; or, *comme le travail mécanique n'est que de la chaleur transformée*, l'organisme doit produire en plus, dans ce cas, la quantité de chaleur destinée à être transformée en travail, et ce résultat est atteint par une augmentation de la ration alimentaire. Encore est-il indispensable de remarquer que, lorsqu'il s'agit d'établir la quantité de chaleur nécessaire à la production d'un travail donné, il y a lieu de tenir compte de ce fait que l'organisme humain *ne transforme jamais en énergie que le quart environ de la chaleur qu'il engendre*, les trois autres quarts étant rayonnés au dehors ou utilisés pour des réactions internes. Il en résulte que lorsque l'organisme doit produire un travail de 425 kilogrammètres correspondant à une calorie, il doit en réalité engendrer quatre calories. Mais ce rendement est encore bien supérieur à celui des machines à vapeur, qui ne transforment guère en travail que le huitième de l'énergie qu'elles engendrent.

D'après les recherches récentes d'Atwater, l'homme qui se livre à un travail fatigant, mais non excessif, produit en moyenne 3.800 calories, soit de 1.200 à 1.400 de plus qu'au repos, sur lesquelles 240 seulement, soit 17 p. 100, sont transformées en travail; mais la plupart des physiologistes regardent ce chiffre comme trop faible et estiment qu'un bon ouvrier, habitué à une besogne déterminée, transforme couramment en travail 25 p. 100 de son énergie supplémentaire.

L'excédent de 1.200 à 1.400 calories à produire nécessite naturellement une augmentation de la ration alimentaire, et il est reconnu que cette augmentation doit porter à la fois sur les différentes catégories d'aliments. La valeur

de travail doit fournir à l'organisme, d'après les chiffres moyens généralement adoptés : 150 grammes d'albuminoïdes au lieu de 110, 90 grammes de graisse au lieu de 66, et 600 grammes d'hydrates de carbone au lieu de 425.

Par comparaison, la ration alimentaire du soldat français, fixée par les règlements militaires, est, en temps de paix, un peu trop faible en graisse, 45 au lieu de 90; les autres quantités sont les mêmes que ci-dessus; cette ration fournit 3.300 calories. Mais ce qui paraît tout à fait anormal, c'est que la ration de campagne est sensiblement moins élevée en graisse et en hydrates de carbone et ne fournit plus que 2.753 calories; elle comprend 169 grammes d'albuminoïdes, 30 grammes de graisse et 475 d'hydrates de carbone¹.

3° *Rôle de l'alcool.* — Il est également utile d'établir l'action de l'alcool au point de vue de la chaleur animale. On peut dire de l'alcool qu'il est un aliment en ce sens qu'il est brûlé dans l'organisme, du moins dans une certaine proportion, en produisant de l'eau, du CO² et 7 calories par gramme : $C^2H^6O + O^6 = 2CO^2 + 3H^2O$.

Mais l'alcool ne peut pas être considéré comme un aliment ordinaire, parce qu'à partir d'une certaine dose il devient toxique et porte son action principalement sur les centres nerveux. Or, quelle est la dose qui ne doit pas être dépassée? Il paraît y avoir beaucoup de variations individuelles dues au tempérament, au genre de vie, et la dose maxima est impossible à préciser. M. Gréhan, du Muséum, estime que tout l'alcool contenu dans deux tiers de litre de vin à 10°, est entièrement brûlé. Atwater, de son côté, a trouvé qu'un homme se livrant à un travail, peut consommer sans inconvénient un litre de vin à 8°, ce qui représente 80 grammes d'alcool produisant $80 \times 7 = 560$ calories. Si ce litre de vin est supprimé de la consommation, il devra être remplacé par une quantité de graisse ou de sucre capable de produire la même quantité de chaleur, soit 60 grammes de graisse ou 140 grammes de sucre.

Mais d'autre part, on sait par l'observation journalière que l'absorption de 80 grammes d'alcool étendus sous la forme de vin n'a pas du tout la même action physiologique que les mêmes 80 grammes pris sous la forme d'eau-de-vie. De l'avis des explorateurs, des cyclistes et des coureurs, l'alcool ne détermine qu'une excitation passagère, suivie d'une dépression nerveuse, et tous déclarent tirer un bien plus grand bénéfice en consommant des hydrates de carbone.

§ 6. *Travail des muscles; leur nutrition.* — Nous avons dit plus haut que le travail musculaire est comparé, quant à son origine, à celui d'un moteur thermique dont une partie de la chaleur est transformée en travail suivant le principe de Carnot. Le muscle trouve son énergie surtout dans l'oxydation des hydrates de carbone (amidon, sucre) qu'il absorbe tout particulièrement.

On a fait, dans ces dernières années, de nombreuses observations sur le rôle du sucre dans l'alimentation pour voir jusqu'à quel point était justifiée la grande consommation que l'on en fait dans certains pays. Si en France

¹ HEDON. *Précis de physiologie*, p. 348.

et en Allemagne on en consomme seulement 12 kilogrammes par tête et par an, ce chiffre s'élève à 36 aux États-Unis et à 39 en Angleterre.

Des expériences ont été conduites dans les laboratoires en même temps que des observations étaient faites un peu partout, dans l'armée française (5^e et 9^e corps), dans l'armée allemande, par de nombreux ascensionnistes et des sportmen. Le résultat général, c'est que le sucre *permet de résister à la fatigue et entretient l'énergie musculaire*.

Ce sont les doses moyennes ne dépassant pas 60 grammes par jour et diluées dans six à dix fois leur poids d'eau, qui sont les plus actives.

En Allemagne, on en donne même aux animaux d'élevage, sous la forme de mélasses (45 p. 100 de sucre) additionnées à leurs fourrages, et à raison d'un gramme de sucre par kilogramme du poids du corps. Le cheval de cavalerie se trouve très bien de 4 à 5 grammes de sucre par kilogramme de son poids.

Les expériences de laboratoire, et particulièrement celles de Chauveau, ont également mis en évidence la *très grande supériorité du sucre pour le travail musculaire*. Un chien est placé dans une roue actionnée par un moteur, et l'animal est obligé de galoper; il fournit ainsi un certain travail chaque jour pendant un temps déterminé. Tous les matins on lui donne 500 grammes de viande auxquels on ajoute alternativement, et pendant cinq jours de suite, 110 grammes de graisse ou 168 grammes de sucre. Or on constate toujours que l'animal perd de son poids pendant la période de cinq jours au cours de laquelle il a été nourri de viande et de graisse; la perte varie de 50 à 150 grammes. Le régime sucré détermine au contraire une augmentation qui va de 100 à 400 grammes.

Ces expériences montrent donc le rôle important que le sucre joue dans le travail musculaire: 176 grammes de sucre remplacent 730 grammes de viande.

Pour ce qui est du travail accompli par les muscles, nous avons exposé antérieurement qu'ils constituent de véritables *leviers* avec les pièces osseuses articulées sur lesquelles ils sont fixés (p. 70). Il y a deux cas à consi-

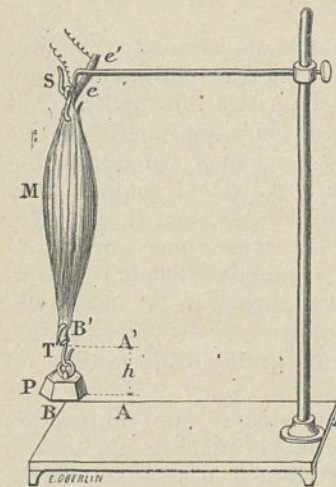


Fig. 279 bis. — Travail du muscle soulevant un poids (BORDIER, *Physique*).

B, position primitive du poids P. — B', sa position quand le muscle est contracté. — h, degré de raccourcissement.

dérer quand il s'agit d'évaluer le travail musculaire :

1^o *Le muscle se contracte en soulevant un poids*. Son travail T s'évalue comme en mécanique en faisant le produit du poids P par la hauteur h à laquelle il est soulevé (fig. 279 bis). C'est ce qu'on appelle le *travail mécanique* ou *dynamique*. Ainsi, en attachant différents poids au muscle de la cuisse d'une grenouille, on a trouvé qu'il peut soulever 100 grammes à 7 millimètres, 200 grammes à 2 millimètres et 250 grammes à 0. La *force absolue* du muscle est mesurée par le poids maximum soulevé; chez les Insectes elle est relativement dix fois plus grande que chez l'homme. La force de soulèvement augmente avec le nombre des fibres du muscle, autrement dit avec sa sur-

face de section ; elle devient nulle quand le muscle est fatigué ou que la charge dépasse une certaine valeur.

2° *Le muscle contracté soutient un poids à une hauteur fixe.* Le travail qu'il produit dans ce cas et qu'on appelle le *travail statique* se mesure en faisant le produit du poids P par le temps t que ce poids reste soulevé.

Dans les cas où le muscle se contracte à *vide*, il n'a plus qu'à soulever sa propre substance.

Au cours de sa contraction, un muscle reçoit en moyenne quatre ou cinq fois plus de sang qu'au repos ; il consomme beaucoup plus d'oxygène et dégage davantage de CO_2 ; il est le siège d'une nutrition plus abondante. Cependant le muscle qui produit du travail mécanique *s'échauffe moins* que lorsqu'il se contracte à *vide* ou que lorsqu'il n'exécute aucun travail.

Ce résultat qui paraît tout à fait paradoxal au premier abord s'explique de la façon suivante :

Le muscle qui travaille consomme, il est vrai, beaucoup plus de glucoses et de graisses ; il reçoit beaucoup plus de sang et absorbe une bien plus grande quantité d'oxygène, qui *augmente considérablement l'intensité des oxydations et par conséquent la production de la chaleur.* Mais cette chaleur joue un triple rôle, ainsi que nous l'avons déjà exposé :

Une première partie est utilisée, dès l'état naissant, pour certaines réactions chimiques du protoplasma et en particulier pour les *synthèses* des produits organiques qui se font avec absorption de chaleur.

Une seconde fraction est transformée en *travail mécanique* ; c'est la partie de l'énergie qu'utilise par exemple le biceps pour soulever le bras et le poids que tient la main.

Et enfin la dernière portion restante seule est la chaleur *sensible* ; c'est celle qui se dégage et que l'on constate par le thermomètre.

On conçoit maintenant que si le muscle ne se livre à aucun travail, l'énergie qu'il engendre sous forme de chaleur se dégage en totalité à l'extérieur où elle devient sensible au thermomètre, sauf la petite partie qui est utilisée pour les synthèses internes.

C'est pour cela que l'homme qui monte des escaliers, où les muscles ont à soulever le poids du corps, dégage *moins de chaleur sensible* au thermomètre que quand il les descend.

Dans la fièvre, la chaleur produite est employée tout entière à élever la température du corps, car celui-ci est à peu près incapable de tout travail à ce moment ; et d'autre part, plus la température s'élève, plus les combustions internes deviennent actives et produisent de chaleur, de sorte que, suivant l'expression d'un physiologiste, la fièvre est un *cercle vicieux* : la fièvre augmente la fièvre.

On a l'habitude d'expliquer le travail musculaire, ainsi que nous venons de le dire, comme le résultat de la chaleur interne qui se serait transformée en travail comme cela se passe dans les machines à vapeur et suivant le principe de CARNOT. Cette interprétation est basée surtout sur ce fait qu'un muscle *au repos* ou bien *tenant un poids soulevé* s'échauffe plus que quand *il se contracte pour soulever le même poids* ; dans ce dernier cas, dit-on, une partie de la chaleur provenant des actions chimiques qui accompagnent la contraction musculaire est transformée en énergie mécanique.

Plusieurs physiologistes n'admettent plus aujourd'hui l'identité du moteur thermique et du moteur humain ; celui-ci ne fonctionnerait pas du tout suivant le principe de CARNOT. Ils font remarquer, et avec raison, que la machine à vapeur ne fonctionne qu'en produisant une chute de chaleur considérable, de la température du foyer à celle du condenseur.

Or, une pareille chute n'existe pas au cours du travail musculaire, sinon la température tomberait beaucoup trop bas pour que la vie soit possible. D'autre part, le muscle transforme en travail le quart de son énergie calorifique, tandis que le rendement de la machine à vapeur n'est guère que du douzième.

D'après cela, des physiologistes comme d'ARSONVAL et CHAUVEAU ne croient pas que l'énergie chimique du muscle produise une *chaleur intermédiaire* qui se transformerait à son tour en *énergie mécanique*. L'énergie chimique agirait directement sur le muscle (CHAUVEAU); ou bien elle serait transformée en *énergie électrique* (d'ARSONVAL); dans l'une et l'autre hypothèse, la chaleur ne produirait pas le travail extérieur, elle ne serait qu'un résidu inutilisé du travail interne qui a lieu pendant la contraction.

§ 7. Par quels procédés la température du corps reste-t-elle constante. — Nous venons d'établir que la formation de la chaleur animale est continue dans l'organisme, et que sa quantité est même d'autant plus considérable que le travail musculaire est plus intense et la consommation des aliments thermogènes plus grande. Or la température du corps reste cependant très sensiblement constante; elle ne varie même pas avec celle du milieu extérieur. Comment ce résultat est-il atteint?

1° Lorsque la température extérieure s'abaisse, celle du corps tend elle-même à diminuer par suite du rayonnement. Nous luttons en nous couvrant de vêtements plus chauds, en chauffant nos appartements, et surtout en consommant une plus grande quantité d'aliments thermogènes; non seulement nous avons meilleur appétit pendant l'hiver, c'est-à-dire que nous augmentons instinctivement notre ration alimentaire, mais nous consommons plus volontiers des corps gras, qui nous répugnent en été. En même temps la consommation d'O augmente notablement et les combustions sont rendues plus actives par un travail musculaire plus intense.

Les huiles et les graisses, qui sont les substances thermogènes par excellence, forment précisément la base de l'alimentation des habitants des pays froids, les Lapons et les Esquimaux. Dans les pays froids, on mange plus que dans les pays chauds.

Suivant l'expression classique, nous introduisons dans la *machine animale*, en hiver, une plus grande quantité de combustible; et, bien mieux, notre choix se porte instinctivement sur le combustible qui dégage le plus de chaleur, c'est-à-dire sur les corps gras. Les animaux de petite taille présentent une surface relativement beaucoup plus grande que les animaux de forte taille et sont davantage exposés au refroidissement; aussi la respiration, la circulation et les combustions internes sont-elles chez eux beaucoup plus intenses pour arriver à lutter contre la déperdition extérieure.

Il n'est pas sans importance non plus de remarquer que les nerfs *vasoconstricteurs* de la surface du corps entrent en jeu de leur côté et s'opposent dans une certaine mesure à la déperdition du calorique; sous l'influence du froid, ils déterminent le resserrement des vaisseaux sanguins superficiels et diminuent ainsi la perte qu'éprouverait par rayonnement une trop grande nappe sanguine.

Les Mammifères des pays froids ont toujours une fourrure plus longue et plus fournie que ceux des pays chauds. Un lapin rasé produit et perd beaucoup plus de chaleur qu'un lapin normal. Pour atteindre le même but, les Mammifères aquatiques, tels que la baleine, possèdent toujours sous la peau une épaisse couche de lard, substance qui est mauvaise conductrice de la chaleur tout comme la fourrure des Mammifères et qui s'oppose au refroidissement du corps au contact de l'eau.

Les Mammifères hibernants se refroidissent considérablement comme nous l'avons vu, parce qu'ils cessent de prendre de la nourriture et que leur réserve de graisse se trouve insuffisante pour produire toute la chaleur qui serait nécessaire pour compenser les pertes par rayonnement. Les échanges gazeux se ralentissent chez eux tout comme chez les animaux à sang froid, et d'autant plus que la température extérieure est plus basse, contrairement à ce qui se passe chez les animaux à sang chaud non hibernants.

On a fait sur l'homme des mesures qui montrent la proportion dans laquelle s'élèvent les oxydations internes lorsque le milieu extérieur se refroidit : un homme placé dans un bain à 32° dégageait 15 grammes de CO² dans un temps donné; placé ensuite dans un bain à 19°, il en dégageait 38 et dans un bain à 18°, 39. Ces chiffres montrent bien que les oxydations et par suite le dégagement de CO² gagnent rapidement en intensité à mesure que la température externe décroît et tend à refroidir le corps.

2° Lorsque la température à l'air extérieur s'élève et dépasse celle du corps, nous établissons encore la lutte, mais en sens inverse. Nous prenons des vêtements plus légers et nous consommons moins d'aliments; nous mangeons moins en été qu'en hiver.

Il semblerait cependant que, même dans ces conditions, la température du corps dût s'élever rapidement puisqu'il ne cesse jamais complètement de produire de la chaleur et qu'il en reçoit en même temps de l'extérieur. Bien plus, on a établi que la quantité de carbone brûlé dans l'organisme augmente quand la température extérieure dépasse 25°, tendant ainsi à produire plus de chaleur interne. Nous ne luttons donc pas tant par la diminution des oxydations internes, que par l'augmentation des causes de déperdition. Deux facteurs importants entrent en jeu à cet effet : la *transpiration* par les glandes sudoripares et l'*évaporation pulmonaire*.

1° La *sueur* que sécrètent d'une manière continue les glandes sudoripares s'évapore à la surface de la peau en empruntant également sa chaleur de vaporisation à l'organisme et détermine un effet réfrigérant. Sa production est d'autant plus grande que la température extérieure s'élève davantage. Or, dans les conditions ordinaires, même lorsqu'il n'apparaît pas de sueur d'une manière sensible, il s'en dégage cependant un demi-litre environ par jour. Lorsqu'il fait chaud ou à la fin d'un exercice musculaire qui a augmenté la chaleur interne, il peut s'en former jusqu'à 400 grammes par heure. C'est cette sécrétion sudoripare réglée elle-même par l'action des nerfs vaso-moteurs, qui est le *régulateur* par excellence de la température du corps de l'Homme et des Mammifères.

2° Ainsi que nous l'avons établi dans l'histoire de la respiration (p. 348), nous rejetons journellement par les poumons de 300 à 600 grammes de vapeur d'eau; cette vapeur, pour se former, emprunte encore sa chaleur au corps lui-même, à raison de 580 calories pour 1 gramme; la transpiration pulmonaire utilise environ 15 p. 100 de l'énergie totale produite par l'organisme.

D'autre part, le rythme respiratoire s'accélère quand il y a élévation de température parce que ce dernier facteur agit par voie réflexe sur les centres nerveux respiratoires; cette accélération ou *polypnée thermique* détermine naturellement la sortie d'une plus grande *quantité de vapeur d'eau*.

Lorsque, comme chez les chiens, les glandes de la sueur ne sont que peu développées, la transpiration pulmonaire prend une plus grande importance,

et c'est pour laisser un libre passage à la vapeur d'eau qui se forme abondamment dans leurs poumons, que ces animaux ont la bouche ouverte et la langue pendante lorsqu'ils galopent.

Des expériences récentes ont montré que la *transpiration pulmonaire* intervient également d'une façon très active chez certains Reptiles pour leur permettre de lutter contre l'élévation de la température extérieure, et que par suite la distinction classique entre les animaux à *sang chaud* et à *sang froid* n'est pas aussi absolue qu'on l'admet habituellement. Chez les deux espèces de Sauriens sur lesquels ont porté les expériences, le Lézard des palmiers et le Varan des sables, la température rectale, après une demi-heure d'exposition au soleil, passait de 17° à 38°; en même temps la respiration s'accélérait et passait de 70 à 80. Puis brusquement, quand la température rectale atteint 38°,5, l'animal ouvre la gueule, tire une langue rutilante et accomplit 180, 200 et même jusqu'à 360 mouvements respiratoires par minute. A partir de ce moment *sa température rectale cesse de suivre l'ascension de la température extérieure*; elle reste toujours à 4° ou 5° au-dessous.

Chez ces Sauriens la transpiration pulmonaire est donc efficace comme chez le chien pour lutter contre l'échauffement.

Lorsque l'air extérieur est lui-même très humide, l'évaporation à la surface du corps se trouve naturellement très ralentie conformément aux lois de l'évaporation que nous apprend la physique, ce qui fait que l'organisme s'échauffe et résiste mal. Des lapins survivent après un séjour de dix minutes dans une étuve à 100°, tandis qu'ils meurent au bout de deux minutes dans une étuve à 80° saturée d'humidité, parce que dans ces conditions la transpiration cutanée n'est plus possible. On a observé de même qu'un homme peut supporter pendant une heure une température de 60° C. dans une étuve sèche, tandis qu'il ne peut rester que quelques minutes dans une étuve humide à 45°.

C'est ainsi que s'expliquent l'insalubrité des pays *chauds et humides*, et aussi le peu d'incommodation qu'éprouvent les ouvriers manœuvres exposés aux fortes chaleurs tant que leur corps transpire.

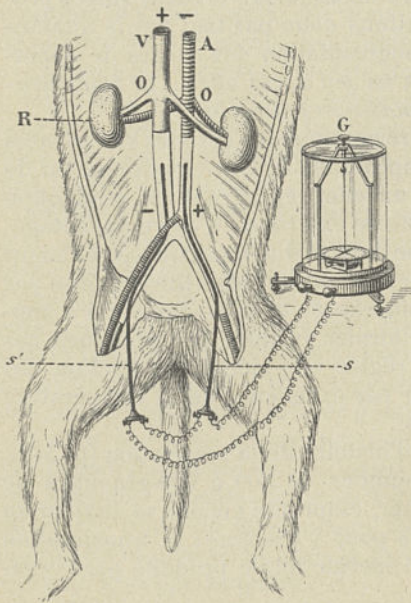


Fig. 280. — Sondes thermo-électriques.
Mesure de la différence de température
entre la veine cave V et l'aorte abdominale A.

§ 8. SONDES THERMO-ÉLECTRIQUES. — Il n'est possible d'évaluer la température d'un organe quelconque qu'en y introduisant un petit thermomètre, et l'opération n'est pas sans présenter souvent beaucoup de difficultés dans la pratique.

Il est plus facile de mesurer la différence de température de deux organes voisins; on se sert pour cela de *sondes thermo-électriques*. Une sonde n'est pas autre chose qu'une pile thermo-électrique composée de deux petites tiges métalliques de nature différente, l'une de fer et l'autre de maillechort, sou-

dées l'une à l'autre sur une certaine étendue et isolées du milieu ambiant par une couche de gomme laque.

On sait que lorsqu'on accouple deux de ces piles, comme l'indique la figure 280, en ayant soin d'en chauffer une légèrement et en plaçant un galvanomètre sur leur circuit, il se développe un courant qui va de la soudure la plus chaude à la plus froide, ainsi que le marque le sens de la déviation de l'aiguille.

Pour opérer avec ces sondes, il suffit donc de les enfoncer chacune dans l'un des deux organes que l'on veut étudier. C'est ainsi qu'on a trouvé que le sang du ventricule gauche, qui vient des poumons, est toujours un peu plus froid que celui du ventricule droit, qui arrive de l'intérieur du corps. De même le sang des veines superficielles est toujours un peu moins chaud que celui des veines profondes.

LIVRE V

LARYNX

§ 1. Description générale. — Le larynx n'est pas autre chose que la partie la plus antérieure de la trachée qui s'est différenciée d'une façon particulière pour la production des sons.

Sa partie fondamentale consiste dans deux saillies de la muqueuse appe-

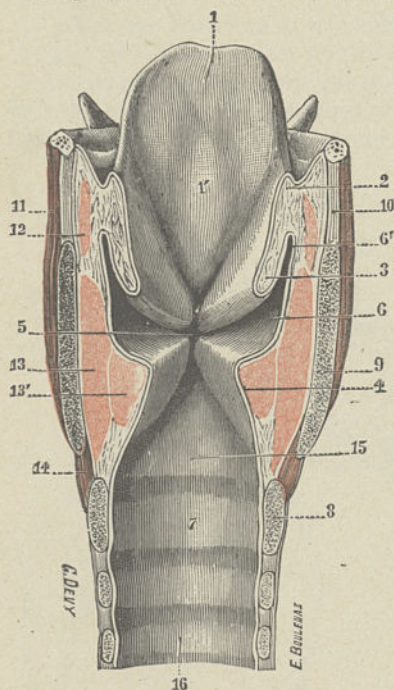


Fig. 281. — Coupe verticale du larynx (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, épiglote. — 3, corde vocale supérieure. — 4, corde vocale inférieure. — 6, ventricule de Morgagni. — 7 et 8, cartilage cricoïde. — 9, cartilage thyroïde.

l'intérieur de la cavité, ce qui fait qu'elles sont directement frappées par les courants d'air qui sortent des poumons : ce sont les *cordes vocales inférieures* ou cordes vocales proprement dites (4, fig. 281).

lées les *cordes vocales inférieures* (4, fig. 281) qui sont proéminentes dans la cavité du larynx et qui sont capables de vibrer sous l'action d'un courant d'air qui s'échappe des poumons.

Le larynx communique avec le fond de la bouche ou pharynx par un orifice surmonté d'une languette fibro-cartilagineuse, l'*épiglote*, qui se tient verticalement au repos et s'abaisse horizontalement au moment de la déglutition pour laisser passer les aliments dans l'œsophage (1, fig. 281 et E, fig. 284).

Si l'on examine une coupe verticale du larynx menée de droite à gauche on se rend compte de la forme de sa cavité : supérieurement elle est très élargie, puis elle est suivie d'un rétrécissement limité par deux saillies antéro-postérieures de la muqueuse, que l'on appelle les *cordes vocales supérieures* (3, fig. 281) ; elles interceptent un angle aigu dont le sommet est situé sur la paroi antérieure du larynx et elles ne jouent aucun rôle dans la phonation.

Un peu au-dessous se trouvent deux autres saillies parallèles aux précédentes, mais plus proéminentes dans

L'orifice triangulaire qu'elles limitent est la *glotte* véritable (fig. 286). Entre la corde supérieure et la corde inférieure d'un même côté se trouve une anfractuosité très accentuée, le *ventricule de Morgagni*, qui sert de résonnateur.

Ajoutons que la muqueuse qui tapisse le larynx est la même que celle du reste de la trachée, avec cette seule particularité que l'épithélium stratifié perd ses cils vibratiles dans cette région. De plus chaque corde vocale renferme dans sa longueur, en dedans de la muqueuse, un *muscle* spécial accompagné d'un *ligament élastique*; ce dernier joue un rôle important, parce que grâce à la propriété qu'il possède de se raccourcir sans former de plis, la muqueuse qui le recouvre conserve également sa surface unie quel que soit le degré de contraction des muscles des cordes vocales

§ 2. **Cartilages.** — Dans le larynx on trouve quatre cartilages qui ne sont autres que les quatre premiers cartilages de la trachée; seulement ils ont pris une forme un peu spéciale pour soutenir les parties molles du larynx. Ce sont :

1° Le cartilage *cricoïde*, qui a la forme d'un anneau complet beaucoup plus haut en arrière qu'en avant; il est placé au-dessus du premier anneau de la trachée (fig. 282);

2° Le cartilage *thyroïde* vient au-dessus du précédent et est beaucoup plus volumineux (fig. 283); il est largement ouvert en arrière et a la forme d'un angle dièdre dont l'arête est placée en avant sur la ligne médiane du cou, où elle forme une saillie très accentuée, la *pomme d'Adam*; chacune de ses deux faces latérales présente en arrière deux grandes cornes : une *petite corne* (9) dirigée inférieurement et qui s'articule avec le *cricoïde*, puis une *grande corne* supérieure (12) qui se fixe par l'intermédiaire d'un ligament avec un os en forme de fer à cheval, surmontant le larynx, et appelé l'os *hyoïde* (fig. 283 et 284);

3° Enfin les deux cartilages *aryténoïdes* qui sont très petits, de forme triangulaire et qui reposent verticalement sur la partie postérieure du *cricoïde*. La figure 282 qui représente la *face antérieure* de ce dernier cartilage montre la position des deux aryténoïdes.

Dans les figures 284 et 285 qui représentent le larynx par sa face antérieure et par sa face postérieure, on voit la forme et la position relative des différents cartilages.

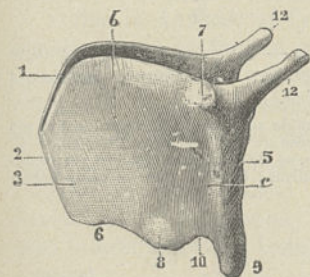


Fig. 283. — Le thyroïde vu par sa face gauche. (L. TESTUT, *Anatomie humaine.*)

2, son angle antérieur saillant. — 9, l'une des cornes inférieures. — 12, les deux cornes supérieures.

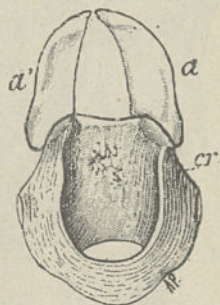


Fig. 282.

Le cartilage cricoïde *cr*, vu par sa face antérieure. — *a* et *a'*, les deux aryténoïdes.

§ 3. **Fonctionnement.** — Les deux cordes vocales inférieures constituent la partie fondamentale du larynx *parce qu'elles vibrent sous l'action du courant d'air qui vient des poumons*, à la manière des lames élastiques des instruments à anche (clarinette, hautbois). On démontre qu'il en est ainsi en plaçant tout

simplement un larynx d'animal quelconque sur l'un des tuyaux d'une soufflerie.

Toutefois les cordes vocales sont mieux organisées que les lames vibrantes des instruments à anche, en ce sens que le *muscle que renferme chacune d'elles est capable de la tendre plus ou moins en se contractant* et de lui faire rendre un son plus ou moins aigu ; le ligament élastique qui accompagne le muscle a pour fonction, comme nous l'avons déjà dit, de s'opposer au plissement de la muqueuse qui recouvre les cordes, ce qui altérerait la

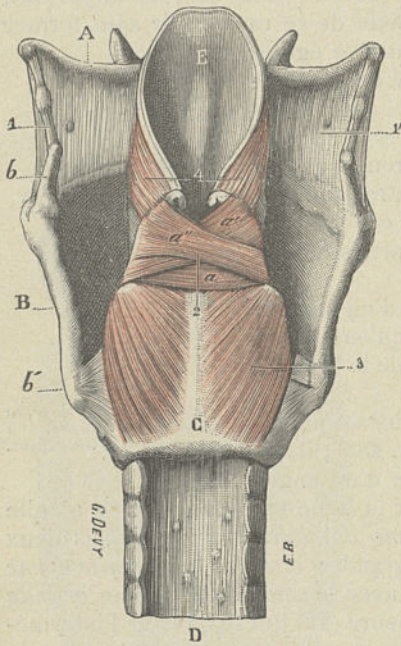


Fig. 284. — Muscles du larynx, vue postérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A, os hyoïde avec ses ligaments 1 qui l'attachent aux cornes supérieures du cartilage thyroïde. — B, cartilage thyroïde avec ses cornes *b* et *b'*. — C, cartilage cricoïde. — D, trachée artère. — E, épiglote; 2, muscle aryénoïdien avec son faisceau transverse *a* et ses faisceaux obliques *a'* et *a''* recouvrant les cartilages aryénoïdes. — 3, muscle crico-aryénoïdien postérieur; 4, muscle épiglottique.

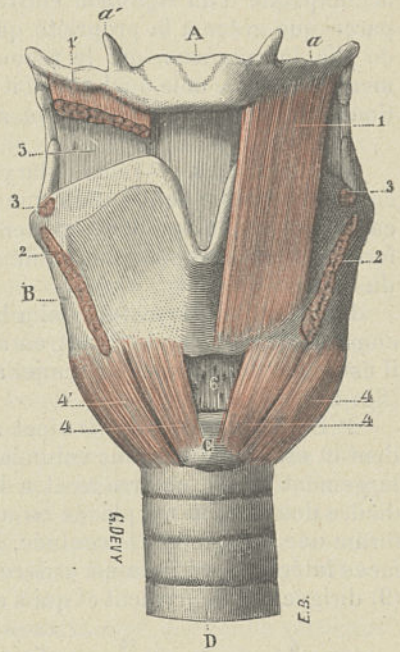


Fig. 285. — Muscles du larynx, vue antérieure. (L. TESTUT, *Anatomie humaine*.)

A, os hyoïde avec ses grandes cornes *a* et ses petites cornes *a'*. — B, cartilage thyroïde. — C, le cricoïde. — D, trachée artère; 1 et 1, muscles thyro-hyoïdiens; 4 et 4', muscles crico-thyroïdiens.

voix et la rendrait chevrotante, comme cela s'observe fréquemment chez les personnes âgées.

Ce sont donc les cordes vocales qui tiennent sous leur dépendance ce que l'on appelle la *hauteur* ou l'*acuité* des sons, laquelle varie, comme on l'apprend en physique, avec le nombre des vibrations.

L'homme a généralement des cordes vocales plus longues et plus épaisses que la femme, ce qui lui donne une voix plus grave.

L'*intensité* ou *force des sons* est cette qualité qui est exprimée en musique par les termes de *forte*, *piano*, *pianissimo*; elle dépend de la force plus ou moins grande avec laquelle le courant d'air qui vient des poumons frappe les

cordes vocales. On conçoit que si les deux cordes vocales s'écartent davantage, le courant d'air qui passera par la glotte ainsi élargie sera plus fort et le son rendu par les cordes sera *forte*. Si, au contraire, les deux cordes se rapprochent et réduisent l'ouverture de la fente glottique, le son rendu sera *piano* ou *pianissimo*.

Or il existe précisément deux muscles fixés à la surface externe du larynx qui, en tirant certains cartilages, font agrandir la glotte en écartant les deux cordes vocales et permettent ainsi à ces dernières de rendre des sons d'intensité plus grande : on peut les qualifier de *muscles dilatateurs* de la glotte (B, fig. 286).

Trois autres muscles, fixés également à la surface du larynx, tirent de leur côté certains autres cartilages, de façon à faire rapprocher les cordes vocales et à rétrécir l'ouverture glottique : ce sont les *constricteurs* de la glotte (C, fig. 286).

En somme les parties essentiellement actives du larynx sont des *muscles* qui se subdivisent en trois catégories : 1^o les deux muscles qui constituent les cordes elles-mêmes et qui sont des *muscles tenseurs*, puisqu'ils tendent les cordes en se contractant ; 2^o les deux *muscles dilatateurs* ; et 3^o les trois *muscles constricteurs* de la glotte.

Outre la *hauteur* et l'*intensité*, le son présente une troisième qualité, le *timbre*. C'est le timbre qui fait que l'on reconnaît que des sons de même hauteur sont émis par des personnes ou des instruments différents. Le timbre de la voix humaine dépend surtout de la forme et du volume des différentes cavités du larynx que le son doit traverser avant d'arriver au dehors, et qui varient avec les personnes (ventricules de Morgagni, pharynx, bouche, fosses nasales). Ces cavités agissent comme des résonateurs et renforcent certains sons ; chacun sait, par exemple, que la voix n'a pas du tout le même timbre lorsqu'on parle du nez en fermant la bouche ou inversement.

Le larynx reçoit de chaque côté deux branches des nerfs spinaux, 11^e paire crânienne (*nerf laryngé supérieur* et *nerf laryngé inférieur*). Ce sont bien eux qui commandent aux muscles du larynx, car si on sectionne les spinaux on rend l'animal aphone.

Les différents muscles du larynx portent les noms des cartilages sur lesquels ils sont fixés par leurs extrémités, et pour se rendre compte de leur position relative et de leur mode de fonctionnement, il faut supposer le larynx vu par sa face supérieure avec ses différentes parties projetées sur un plan horizontal. C'est ce que représente la figure 287.

1^o Les *muscles tenseurs* des cordes vocales sont au nombre de deux paires : la 1^{re}, de

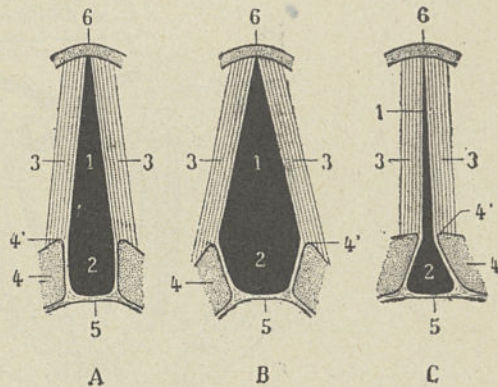


Fig. 286. — Différents états de la glotte.
(L. TESTUT, Anatomie humaine.)

1, ouverture triangulaire de la glotte comprise entre les deux cordes vocales inférieures 2 et 3. — A, cordes vocales au repos. — B, elles sont écartées par l'action des muscles dilatateurs. — C, elles sont rapprochées par l'action des muscles constricteurs.

beaucoup la plus importante, est celle qui constitue les cordes vocales elles-mêmes et que l'on appelle les *thyro-aryténoïdiens*, parce qu'ils s'attachent ensemble en avant à la face interne de la pomme d'Adam (cartilage thyroïde) et qu'ils se séparent en arrière pour s'attacher chacun à un cartilage *aryténoïde* (3, fig. 286 et fig. 287).

La seconde paire est représentée par les *crico-thyroïdiens* qui sont insérés obliquement de chaque côté, d'une part sur le cricoïde, d'autre part sur la base du thyroïde (4 et 4', fig. 285). En se contractant ils tirent légèrement le thyroïde en avant, lequel tire un peu à son tour les cordes vocales qui sont situées à sa face interne et fait augmenter leur tension. Ces muscles sont beaucoup moins importants que ceux de la première paire.

2° Les deux muscles dilatateurs de la fente glottique sont les *crico-aryténoïdiens posté-*

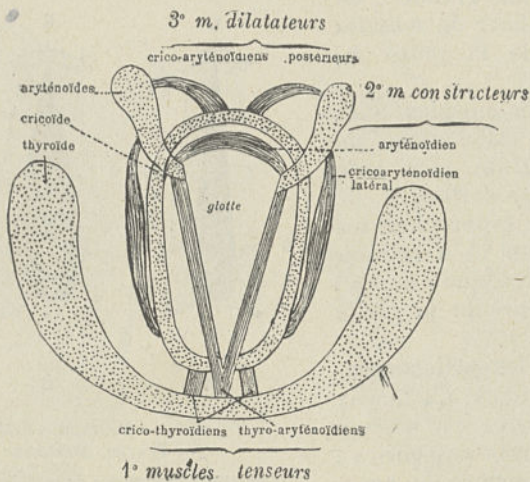


Fig. 287. — Cartilages et muscles du larynx vus par la face supérieure, et supposés tous rabattus sur un même plan horizontal.

rieurs, du nom des cartilages sur lesquels ils se fixent (3, fig. 284) ; lorsqu'ils se contractent ils font tourner les aryténoïdes autour de leur articulation, les tirent légèrement en dehors et font par suite écarter les deux cordes vocales.

3° Les trois muscles constricteurs sont : 1° les deux *crico-aryténoïdiens latéraux* dont l'une des extrémités est fixée à la pointe externe des aryténoïdiens correspondants : en se contractant ils tirent cette pointe en dehors et font rentrer l'autre extrémité des cartilages, de telle sorte que les deux cordes se rapprochent l'une de l'autre (fig. 287). — 2° le *muscle aryténoïdien*, situé sur la face postérieure des deux aryténoïdiens qu'il réunit l'un à l'autre (2, fig. 284) ; en se contractant il les rapproche et rétrécit par suite la fente glottique.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SOMMAIRE DES DIFFÉRENTS GROUPES D'ANIMAUX

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE GÉNÉRALE DES ÉLÉMENTS DE LA MÉTHODE

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS GROUPES D'ANIMAUX

PRINCIPES DES CLASSIFICATIONS

Les différents animaux présentent des degrés très divers d'organisation, et pour en faciliter l'étude on est obligé de les répartir par groupes distincts présentant des caractères communs :

1^o Tous les êtres qui présentent des caractères communs *qu'ils transmettent à leur postérité* forment une *race*. Ainsi, on dit qu'il y a la *race nègre* parce que tous les nègres présentent un certain nombre de caractères spéciaux qu'ils conservent quels que soient les pays où ils vivent, et *qu'ils transmettent toujours à leurs enfants*. Il y a de même la *race blanche*, la *race jaune* et la *race rouge*, qui se perpétuent chacune avec ses caractères propres;

2^o Les races qui présentent un certain nombre de caractères communs sont réunies à leur tour en un groupe plus important, appelé *l'espèce*. Ainsi, quelles que soient les différences extrêmes qu'il y a entre un blanc et un nègre, on peut cependant passer de l'un à l'autre par une infinité de transitions insensibles ; il y a même des individus dont les caractères sont tellement mixtes qu'on ne peut les rattacher à aucune race définie.

En d'autres termes, il n'y a aucune démarcation nette entre les races humaines, tandis qu'on ne connaît pas d'être intermédiaire entre l'homme le plus inférieur et le singe le plus élevé en organisation, le Gorille.

Toutes les *racés* humaines seront donc réunies en un seul groupe, appelé *l'espèce humaine*.

Il existe de même de nombreuses races de Chiens, telles que les lévriers, les terre-neuve, les épagneuls, etc., dont chacune se perpétue avec ses caractères propres ; les petits des lévriers sont des lévriers ; les petits des terre-neuve sont des terre-neuve, etc. Mais, quelles que soient leur taille et leur couleur, toutes ces races présentent un certain nombre de caractères généraux qui nous permettent immédiatement de les reconnaître et de les qualifier de *Chiens*, au lieu de chats ou de renards. Il y a une foule d'intermédiaires entre toutes ces races, et l'ensemble de ces dernières forme *l'espèce Chien*. Mais il n'y a pas d'intermédiaires entre le chien et le chat ; les petits des chiens sont toujours des chiens et les petits des chats toujours des chats. Ceux-ci forment donc aussi une espèce particulière, *l'espèce Chat*, comme il y a l'espèce Tigre, l'espèce Bœuf, l'espèce Cheval, etc. ;

3° Les espèces qui présentent un certain nombre de caractères communs sont réunies à leur tour pour former des groupes plus importants, les *genres*.

C'est ainsi que le chien, le loup, le renard, le chacal, etc., qui possèdent certains traits de ressemblance, forment le *genre Chien* ou *Canis*. Le lion, le tigre, le léopard, le cougar qui tous ont l'allure générale de notre chat, forment le *genre Chat* ou *Felis*, etc.

Depuis Linné, on désigne chaque animal par un *nom* et un *prénom* empruntés au latin ; le nom est celui du *genre* et est commun à toutes les espèces que renferme ce genre ; le prénom est celui de l'*espèce*. Ainsi tous les animaux du même genre que le chien portent le nom de *Canis* ; le chien domestique, le loup, le renard s'appellent respectivement *Canis familiaris*, *Canis lupus*, *Canis vulpes*. — Ceux qui sont du même genre que le chat portent le nom générique de *Felis* ; le chat, le tigre, le lion, etc., s'appellent respectivement *Felis catus*, *Felis tigris*, *Felis leo*, etc. ;

4° Lorsqu'un certain nombre de genres présentent quelques caractères communs, on les réunit ensemble à leur tour pour en faire un groupe d'un ordre plus élevé que l'on appelle une *famille*.

Ainsi le genre Chèvre, le genre Brebis, le genre Antilope, etc., ont comme caractère commun de posséder des cornes creuses en forme d'étui, qui recouvrent deux protubérances de l'os frontal et qui ne tombent jamais ; on dit que la réunion de ces genres forme la famille des *Cavicornes*.

Les animaux du genre Cerf, du genre Daim, du genre Chevreuil, du genre Renne, etc., possèdent tous des cornes pleines, rameuses et tombant chaque année (bois) ; la réunion de tous ces genres forme la famille des *Cervidés* ;

5° Enfin les familles entre lesquelles il existe quelques caractères communs se groupent à leur tour en *ordres*, les ordres se groupent en *classes* et les classes se groupent finalement en *embranchements*.

C'est ainsi que les familles des *Cavicornes* et des *Cervidés* dont nous parlions tout à l'heure, ainsi que celles des *Camélidés* et des *Girafes*, ont toutes comme caractères communs de posséder un estomac à quatre poches, d'avaler leurs aliments une première fois sans les mâcher, puis de les faire revenir dans la bouche pour procéder à leur mastication ; cette opération s'appelle *ruminer* et la réunion de ces quatre familles forme l'*ordre des Ruminants*.

L'ordre des Ruminants, l'ordre des Rongeurs (lapin), celui des Carnassiers, etc., forment la *classe des Mammifères*, caractérisée par la présence de poils à la surface du corps.

La classe des Mammifères, celle des Oiseaux, des Reptiles, des Batraciens et des Poissons, forment un groupe encore plus élevé, l'*embranchement des Vertébrés*, caractérisé par la présence d'un squelette osseux interne et particulièrement d'une colonne vertébrale.

En récapitulant la série complète de ces groupements, en commençant par le plus élevé, nous avons donc l'*embranchement* qui se subdivise en *classes*, celles-ci en *ordres*, les ordres en *familles*, qui comprennent elles-mêmes un certain nombre de *genres*, lesquels sont formés par un certain nombre d'*espèces*, dont chacune comprend enfin un certain nombre de *raças*.

Ce mode de classification porte le nom de *classification naturelle* ; le

principe en est dû à Cuvier. Il repose, comme on le voit, sur tout un ensemble de caractères ; certains, plus importants que d'autres, sont appelés *caractères dominateurs* et servent à constituer les grands groupes zoologiques tels que les embranchements et les classes ; d'autres, plus secondaires, ou *caractères subordonnés*, servent à caractériser les groupes moins importants, comme les ordres, les familles, etc.

Les *classifications artificielles*, dont le principe est dû à Linné (1753), sont établies au contraire sur un seul caractère choisi arbitrairement. On fait une classification artificielle lorsqu'on groupe ensemble, par exemple, tous les animaux qui ont le cœur constitué de la même façon, ou bien tous ceux qui sont pourvus de quatre membres, etc., quelle que soit la conformation des autres régions du corps.

Ces classifications ne sont plus utilisées aujourd'hui, parce qu'elles ont le grand inconvénient de réunir dans un même groupe des animaux qui n'ont qu'un seul caractère commun et qui peuvent être très différents les uns des autres dans le reste de leur organisation générale.

Les classifications naturelles sont infiniment plus instructives. Lorsqu'on connaît l'*embranchement*, la *classe*, l'*ordre*, la *famille*, le *genre* auxquels appartient une espèce donnée, on sait déjà qu'elle possède tous les caractères communs à chacun de ces groupes, et il suffit, pour caractériser complètement cette espèce, de savoir quels sont les traits qui la distinguent des espèces du même genre.

La théorie du *transformisme* explique comment les espèces animales ont pu se modifier dans leur forme et dans leur structure au cours des temps, et comment ils peuvent se modifier encore actuellement sous des influences diverses telles que le changement de milieu (terre ou eau), eau douce, saumâtre ou salée, le changement de nourriture, de température, la persistance des organes qu'utilise l'animal et l'atrophie progressive de ceux dont il ne se sert plus.

Il résulte de cette *doctrine de l'évolution* des formes animales, opposée à la doctrine de la *création* et de la *fixité*, qui est abandonnée aujourd'hui, que la définition précise de l'espèce est difficile à formuler. Les zoologistes admettent généralement la suivante : « *l'espèce est l'assemblage des individus qui peuvent donner entre eux des descendants féconds* ». Ainsi l'âne et le cheval sont regardés comme deux espèces différentes, parce que le produit de leur croisement, le mulet, est infécond. Mais comment peut-on savoir à l'heure actuelle si tous les individus, que l'on range habituellement dans une espèce donnée, sont réellement capables de donner des descendants ? C'est une constatation qu'il est pratiquement impossible de faire chez les animaux. Les végétaux, par contre, se prêtent beaucoup mieux à l'étude des variations causées par les facteurs externes, lumière, chaleur, climat, nourriture, milieu aquatique ou terrestre ; dans ces dernières années, les botanistes sont parvenus à modifier profondément certaines plantes *qui se reproduisent maintenant sous leur nouvelle forme* ; ils ont créé ainsi de véritables espèces nouvelles, et ont contribué dans une large mesure à ruiner l'ancienne hypothèse de la *fixité* des êtres vivants.

PREMIER SOUS-RÈGNE ANIMAL

PROTOZOAIRES

Partant des principes qui précèdent, on divise d'abord l'ensemble du règne animal en deux sous-règnes, correspondant à deux degrés d'organisation : 1° les *Protozoaires* dont le corps n'est jamais formé que d'une seule cellule ; 2° les *Métazoaires* dont le corps est formé d'un très grand nombre de cellules différenciées les unes des autres.

Les Protozoaires ont le *corps formé d'une seule cellule, pourvue ou non de membrane* ; ce sont les êtres les plus simples, et la cellule unique qui constitue chacun d'eux a concentré chez elle toutes les fonctions vitales, respiration, nutrition, sensibilité et mouvement.

La plupart sont microscopiques et vivent en très grand nombre dans les eaux stagnantes ; beaucoup d'espèces sont marines, quelques-unes vivent en parasites dans le corps de l'homme ou des animaux :

Ils peuvent se reproduire par trois moyens différents ; par *division*, par *bourgeonnement* et par *spores*.

Dans la reproduction par *division* ou par *scissiparité*, l'individu s'étrangle progressivement en deux moitiés à peu près égales, en commençant par le noyau ; chaque partie vit ensuite séparément. C'est le mode de reproduction le plus simple et le plus répandu (fig. 289).

Dans le *bourgeonnement*, le protoplasma forme en un point quelconque du corps une protubérance ou *bourgeon* ; le noyau se divise de son côté en deux moitiés inégales ; la plus petite émigre dans le bourgeon qui se sépare ensuite et constitue ainsi un petit être semblable au premier.

Enfin, dans la reproduction par *spores*, le noyau se divise un grand nombre de fois par bipartitions successives ; puis ensuite le protoplasme se fragmente à son tour en tronçons distincts, qui renferment chacun l'un des petits noyaux formés précédemment. Toutes ces petites masses, que l'on appelle des *spores*, s'isolent les unes des autres et grandissent peu à peu, constituant des êtres semblables au premier (fig. 307).

Toutefois il est important de constater que ces divisions successives affaiblissent la matière vivante et qu'elles ne peuvent pas se continuer indéfiniment ; l'individu finit par entrer en dégénérescence. Mais cette dernière ne se produit pas si l'individu en rencontre un autre de la même espèce et issu d'un parent différent, avec lequel il se soude.

Il résulte de cette union ou *conjugaison* des deux cellules, une vitalité nouvelle, une sorte de rajeunissement de la matière vivante, qui arrête la dégénérescence.

On divise les Protozoaires en trois embranchements :

1° Les RHIZOPODES, dont le corps protoplasmique est dépourvu d'enveloppe albuminoïde et émet de nombreux pseudopodes ;

2° Les INFUSOIRES, qui possèdent une membrane albuminoïde et des cils vibratiles ;

3° Les **SPOROZOAIRES**, qui sont tous des parasites pourvus de membrane, mais privés de cils locomoteurs.

1^{er} EMBRANCHEMENT. — LES RHIZOPODES

Les Rhizopodes sont ainsi appelés parce que leur corps protoplasmique, n'étant pas limité par une enveloppe, est capable de pousser dans tous les sens des petits prolongements en forme de radicules ou *pseudopodes*, à l'aide desquels ils rampent et absorbent leurs particules nutritives (*rhiza*, racine ; *pous*, *podos*, pied).

Ils comprennent trois classes : les *Amœbiens*, les *Foraminifères* et les *Radiolaires*.

CLASSE I. — AMŒBIENS

Les Amœbiens sont les formes vivantes les plus simples ; on les trouve sur la terre humide, les matières en putréfaction, sur les plantes aquatiques, etc.

Les espèces les plus inférieures sont les *Monères* (*Protamœba primitiva*)

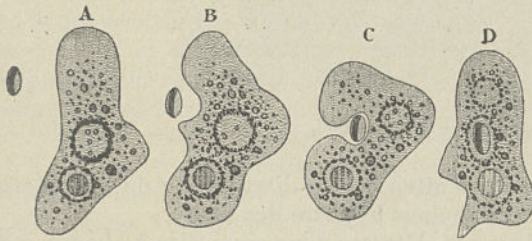


Fig. 288. — Amibe absorbant des particules alimentaires.

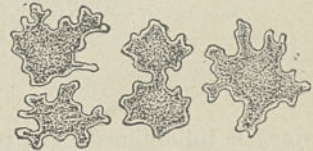


Fig. 289. — Monère (*Protamœba primitiva*) Hæckel.

découvertes par Hæckel dans les eaux de la mer, où elles rampent à la surface des animaux marins. Elles sont réduites à des grains microscopiques de protoplasme, sans membrane, ni noyau. Elles se multiplient en s'étranglant tout simplement en deux comme le montre la figure 289.

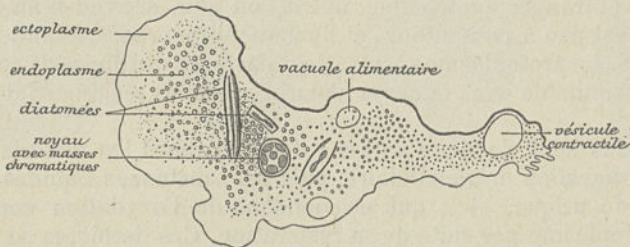


Fig. 290. — Amibe avec ses prolongements (*Amœba proteus*) et des corps étrangers (diatomées) qu'elle a absorbés.

Ajoutons que l'on connaît aujourd'hui à la base de différents autres groupes tels que les *Infusoires*, les *Myxomycètes* (champignons), etc., des

formes très simples, sans membrane ni noyau, comme les Monères d'Hœckel; aussi convient-il maintenant d'appliquer le terme de *Monères* non pas à un groupe déterminé d'Amœbiens, mais à toutes les formes dépourvues de membrane et de noyau, à quelque groupe qu'elles appartiennent.

Les *Amibes*, qui viennent ensuite, sont également dépourvues de membrane, *mais possèdent un noyau distinct* (fig. 290). On les trouve dans toutes les mares sans exception, principalement à la surface des conferves ou des débris de feuilles mortes.

L'*Amœba coli* (fig. 291) se trouve dans les eaux marécageuses et pullule



Fig. 291. — *Amœba coli*.

dans le tube digestif des personnes atteintes de diarrhée ou de dysenterie coloniale⁴. L'*Amœba buccalis* existe dans le tartre des dents.

Le corps de tous les Amœbiens se déforme pour ainsi dire à chaque instant en poussant des prolongements ou *pseudopodes* qui ne sont jamais ramifiés, et qui disparaissent pour se reformer sur un autre point, en amenant ainsi un déplacement très lent du corps. Ce sont ces mouvements de reptation que l'on appelle les mouvements *amiboïdes* (fig. 289).

La nutrition s'effectue par toutes la surface du corps, qui absorbe directement certaines substances dissoutes dans l'eau; elle a également lieu par les pseudopodes qui englobent des particules solides.

Un corps étranger quelconque, nutritif ou non, arrive-t-il au contact de l'Amibe? Il est peu à peu entouré et finalement incorporé, comme le montre la figure 288. Le protoplasme sécrète des diastases qui digèrent ce qu'il peut y avoir d'assimilable dans le corps absorbé, puis les résidus sont rejetés au dehors.

Ces résidus sont de deux sortes: il y a d'abord les matériaux qui ont résisté à la digestion intracellulaire, puis les substances liquides telles que l'urée, l'acide urique, etc., qui proviennent de l'oxydation continue que subit le protoplasme par suite de sa respiration. Ces dernières se réunissent et forment une petite gouttelette qui grossit par l'adjonction progressive de nouvelle substance; à un moment donné, alors que cette gouttelette se

⁴ On distingue aujourd'hui la *dysenterie coloniale* due à l'*Amœba coli* et la dysenterie de nos pays qui est de nature microbienne; cette dernière se traite par le sérum de VAILLARD et DOPPEN.

trouve près de la surface du corps, elle éclate brusquement et chasse son contenu au dehors. Il s'en développe ensuite une autre juste au même point. On appelle cette gouttelette la *vésicule contractile* (fig. 290).

CLASSE II. — FORAMINIFÈRES

Les Foraminifères diffèrent des Amibes par deux caractères essentiels : 1° leur protoplasme est inclus dans une enveloppe incomplète en *chitine*, qui s'imprègne le plus souvent de carbonate de chaux, ce qui fait dire couramment que les Foraminifères ont un *test calcaire* ; 2° leurs pseudopodes sont très fins, ramifiés et anastomosés en réseau, ce qui fait dire que ce sont des Rhizopodes *réticulés*.

La plupart de ces espèces vivent dans la mer, rampant sur le fond ou flottant à la surface ; elles sont le plus souvent microscopiques, mais il y en a qui sont visibles à l'œil nu, car elles atteignent 1 et 2 millimètres.

L'accumulation de leurs coquilles au fond des mers anciennes a donné lieu à des dépôts importants qui se continuent d'ailleurs à notre époque. La vase rouge ou jaunâtre que l'on trouve à 500 mètres de profondeur renferme surtout des tests de foraminifères, en particulier de Globigérines ; 1 gramme de vase en renferme parfois près de 50.000 (fig. 295).

Le *calcaire nummulitique* (pierre à liards) du bassin de Paris et de toute la région méditerranéenne, est formé d'une accumulation de *Nummulites*, grands foraminifères qui dépassaient les dimensions d'une pièce de cinquante centimes ; des spécimens atteignaient 5 à 6 centimètres (fig. 293).

La craie renferme également beaucoup de débris de Foraminifères et le

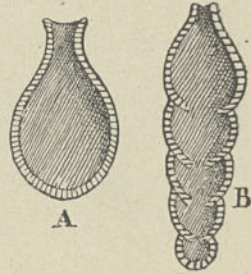


Fig. 292. — Schéma des Foraminifères.

A, espèce à une seule chambre. — B, coquille à plusieurs chambres. A la périphérie, paroi chitineuse et calcaire.

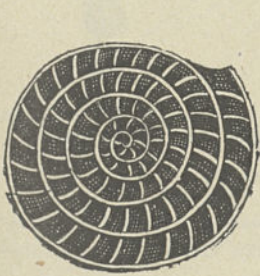


Fig. 293. — Nummulite (*Nummulites laevigatus*).



Fig. 294. — *Lagena vulgaris*.

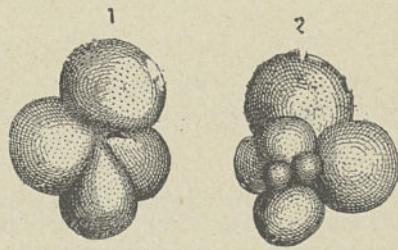


Fig. 295. — Globigérines.

calcaire grossier de Paris, dit *calcaire à Miliolles*, est presque exclusivement formé de coquilles de ce nom.

La forme de la carapace est extrêmement variable. Sa cavité est simple ou divisée en compartiments qui communiquent les uns avec les autres (fig. 292). Citons par ordre de complication :

1° Les *Gromiès* (fig. 296), dont le corps ovale est complètement entouré d'une paroi chitineuse, percée d'un seul orifice par lequel sort le protoplasme vivant; celui-ci émet de nombreux pseudopodes qui se soudent souvent avec ceux des individus voisins pour former de véritables colonies;

2° Les *Miliolés*, dont le test calcaire a la forme d'un disque elliptique et est subdivisé en plusieurs loges qui occupent chacune un demi-tour d'ellipse; l'ouverture unique, ou bouche, est située au sommet de l'ellipse; c'est une espèce encore abondante sur le sable en certains points des côtes.

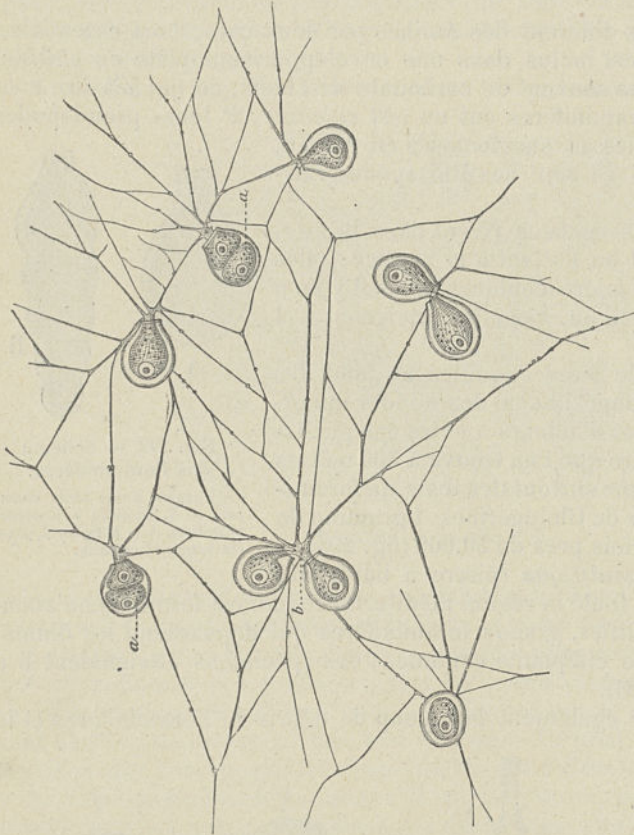


Fig. 296. — *Gromia socialis*.

a, b, êtres cellulaires enfermés dans leur enveloppe et réunis par leur réseau de pseudopodes.



Fig. 297. — *Nodosaria hispida*.

Les *Gromiès* et les *Miliolés* n'ayant qu'une seule ouverture pour la sortie de leurs pseudopodes sont qualifiés de *Foraminifères imperforés*. Toutes les espèces des eaux douces sont des imperforés;

3° Les *Lagena* (fig. 294) ont une coquille en forme de bouteille avec un orifice terminal, et en plus de nombreux pores sur toute leur surface pour le passage des pseudopodes;

4° Les *Nodosaria* (fig. 297) possèdent une coquille divisée par des étranglements en cinq ou six chambres successives, dont les parois sont également munies de nombreux pores;

5° Les *Globigérines* (fig. 295), à loges sphériques et de plus en plus grandes, disposées à peu près en spirale;

6° Enfin les *Nummulites* (fig. 293), à coquille très aplatie, divisée en loges disposées en spirale et communiquant toutes entre elles et avec l'extérieur par de nombreux pores.

Toutes les espèces qui, comme les quatre précédentes, ont leur coquille percée de pores latéraux, constituent le groupe des *Foraminifères perforés*.

CLASSE III. — RADIOLAIRES

Ces espèces sont caractérisées par une membrane chitineuse ou *capsule centrale* qui se développe au sein du protoplasme, qu'elle divise en deux régions, l'*ectoplasme* à l'extérieur de la capsule, l'*endoplasme* à l'intérieur, avec le noyau; ces deux régions communiquent entre elles par de nombreux pores percés dans la capsule chitineuse; les pseudopodes de la surface sont très fins et souvent anastomosés en réseau.

De plus les Radiolaires possèdent généralement un squelette siliceux qui n'a jamais la forme d'une coquille et qui consiste tout simplement en

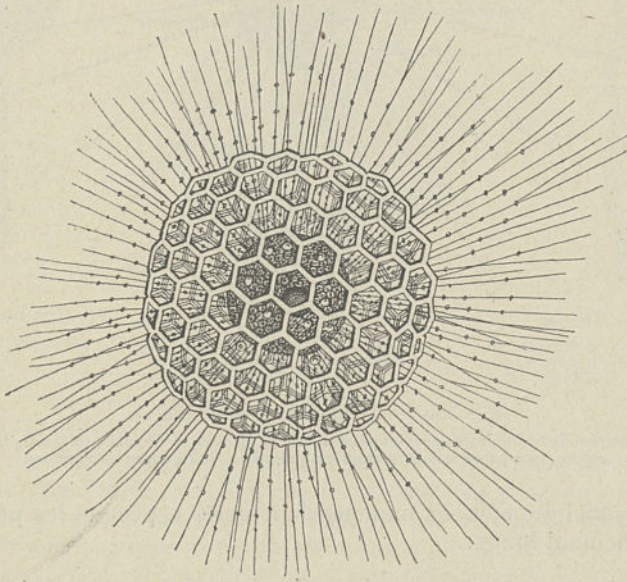


Fig. 298. — Héliosphère (*Heliosphaera inermis*).

piquants rayonnants ou en sphères treillissées, implantés dans le protoplasme superficiel.

Ce sont pour la plupart des êtres microscopiques qui ne mesurent que 1 à 2/10 de millimètre et vivent tous dans la mer où ils mènent une vie pélagique. La vase des grands fonds sous-marins renferme une grande quantité de squelettes de ces animaux, qui sont tombés lentement au fond après leur mort.

Citons parmi les plus belles espèces : l'*Héliosphère* (fig. 298) dont le squelette a la forme d'une sphère à mailles polygonales très régulières, entre lesquelles s'échappent de très nombreux pseudopodes; — l'*Actinophrys*

(fig. 299) que l'on trouve dans les mares, à la surface des conferves. Son ectoplasme est brillant et renferme une rangée de vacuoles liquides et *contractiles* à la manière d'un cœur dont une est toujours plus grande que les

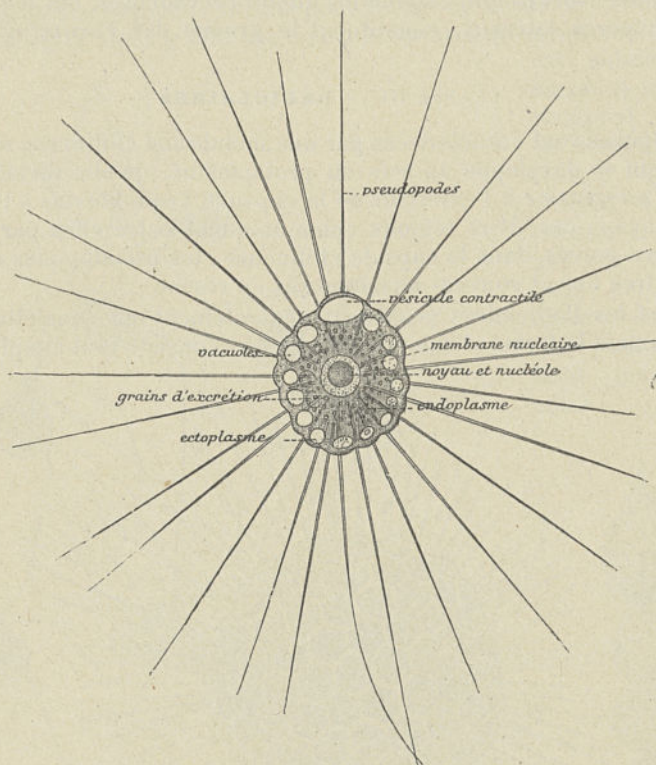


Fig. 299. — Actinophrys (eau douce).

L'ectoplasme renferme de nombreuses vacuoles pleines de liquide et ne se distingue de l'endoplasme, dans cette espèce, que parce que ce dernier est granuleux et dépourvu de vacuoles.

autres. Le squelette siliceux manque dans cette espèce et les pseudopodes sont extrêmement longs.

2^e EMBRANCHEMENT. — LES INFUSOIRES

Ces formes sont ainsi appelées parce qu'un grand nombre d'entre elles se développent facilement dans toutes les infusions d'herbes. Ce sont des Protozoaires qui possèdent une membrane albuminoïde, laquelle est généralement assez résistante pour s'opposer à la formation des pseudopodes. Mais en retour leur corps est recouvert entièrement ou partiellement de *cils vibratiles*, très fins prolongements protoplasmiques qui traversent la membrane et dont les mouvements amènent le déplacement du corps.

Certaines espèces ne possèdent souvent que de 1 à 6 de ces prolongements protoplasmiques qui, dans ce cas, sont relativement longs et forts, et que l'on appelle des *flagelles* ou des *flagellums* parce qu'ils ressemblent à des

sortes de petits fouets. Les Infusoires qui en sont munis forment la classe des *Flagellés*. Les autres espèces possèdent des cils vibratiles courts, généralement très nombreux et constituant souvent un revêtement complet sur toute la surface du corps; elles forment la classe des *Ciliés*.

Ils se multiplient tous par scissiparité, et les divisions successives s'effectuent si rapidement chez certaines espèces qu'un seul individu peut en donner plusieurs centaines d'autres dans vingt-quatre heures.

Leur protoplasme renferme généralement une ou plusieurs de ces petites vésicules brillantes qui ont la propriété de se contracter fréquemment, sou-

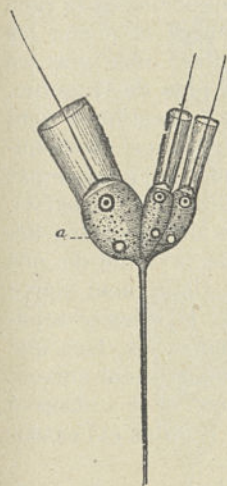


Fig. 300. — Codosiga.
Trois cellules à collerette associées.

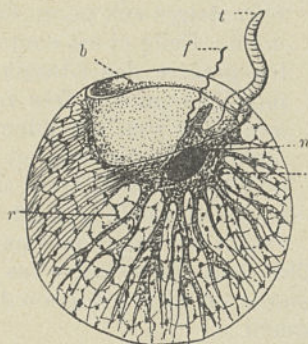


Fig. 301. — Noctiluque.
r, protoplasme. — n, noyau. — b, bouche du fond de laquelle partent un flagelle f et un tentacule t.



Fig. 302. — Vorticille.
a, bouche entourée de cils d, vésicule contractile.
b, b', bourgeon. — c, noyau

vent toutes les cinq secondes, et que l'on appelle pour cela les *vésicules contractiles* (d, fig. 302); les différents produits de désassimilation du protoplasme, ainsi que l'acide carbonique, se condensent dans ces vésicules à mesure qu'ils prennent naissance et sont ensuite expulsés au dehors par leurs contractions: ce sont des sortes d'*organes excréteurs*.

Certaines espèces ont leur membrane complètement close et ne peuvent se nourrir que de substances dissoutes dans l'eau; d'autres possèdent une ouverture qui sert de bouche et certains, enfin, ont une bouche et un anus. Dans ces derniers cas, l'Infusoire peut absorber des particules solides et même d'autres Infusoires, grâce au battement des cils qui avoisinent la bouche.

Les Infusoires se divisent, comme nous l'avons dit plus haut, en deux classes: les *Flagellés* et les *Ciliés*.

I. — CLASSE DES FLAGELLÉS

A côté de certaines espèces de Flagellés qui vivent en parasites dans l'intestin de l'homme où ils peuvent être la cause déterminante de certaines affections, nous citerons:

1° Les *Trypanosomes* qui vivent pour la plupart en parasites dans le sang des animaux domestiques, bœuf, cheval, âne, mouton, etc., et provoquent de graves épizooties en Asie, en Afrique et en Amérique; quelques espèces s'attaquent à l'homme et provoquent en particulier la *maladie du sommeil* chez les nègres de l'Afrique équatoriale (*Trypanosoma gambiense*); leur lieu d'élection dans ce cas est le sang et le liquide céphalo-rachidien (fig. 303).

Ces organismes sont allongés en forme de petits Vers et se déplacent rapidement à l'aide d'un fouet terminal et d'une membrane ondulante. La maladie du sommeil n'est pas spéciale à la race nègre: les Mulâtres, les Maures et même les Européens peuvent la contracter, ainsi que les animaux qui se rapprochent le plus de l'homme, comme le singe. Les animaux domestiques sont réfractaires aux germes de la trypanosomiase humaine. Celle-ci est communiquée à l'homme par les piqûres des Glossines (*Glossina palpalis*), mouches qui sont très voisines des mouches *tsé-tsé*; elles sont sensiblement de la taille de nos mouches ordinaires et s'en distinguent parce qu'elles croisent leurs ailes quand elles se reposent. D'après le D^r Koch, ces mouches, bien que vivant sur les buissons, se nourrissent surtout

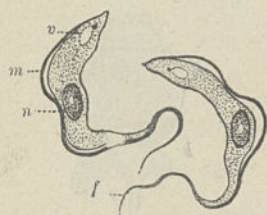


Fig. 303. — Trypanosome.

Trypanosoma Gambiense produisant la maladie du sommeil. — n, noyau. — v, vésicule contractile. — f, flagelle se continuant par une membrane ondulante m.

de sang de crocodile qu'elles vont piquer entre les plaques, et il a observé qu'il y a une relation constante entre la présence de ces reptiles et l'extension de la maladie du sommeil;

2° Les *Noctiluques* qui rendent la mer phosphorescente lorsque les eaux sont en mouvement (mers chaudes et mers tempérées); la lumière est produite dans des petites gouttelettes graisseuses que renferme le protoplasme. Elles ne dépassent pas un millimètre et possèdent un long flagellum (fig. 301);

3° Les *Potériodendrons* (fig. 304) qui vivent en colonies plus ou moins nombreuses; chaque individu possède un long flagellum et peut se rétracter dans une logette à l'aide d'un pédicule d;

4° Les *Codosiga* (fig. 300), vivent également en colonies; mais chaque cellule est surmontée d'une grande collerette au fond de laquelle se fait l'absorption des aliments et où se fixe un long flagellum. Ces formes sont intéressantes parce qu'elles ressemblent exactement aux cellules ciliées ou *choanocytes* des éponges.

II. — CLASSE DES CILIÉS

Les espèces de ce groupe sont très communes dans toutes les mares et les eaux riches en matières organiques, où abondent les bactéries dont les Infusoires font leur nourriture habituelle; on en trouve également un très grand nombre dans la panse des Ruminants. Les principales formes sont:

1° Les *Paramécies* et les *Colpodes* qui apparaissent en grand nombre dans toutes les infusions et dont le corps est complètement couvert de cils;

2° Les *Stentors* (fig. 305) en forme de corne d'abondance; leur taille peut

atteindre 4 millimètres et ils sont souvent fixés par leur extrémité inférieure au fond d'une coque gélatineuse *h* qu'ils se sécrètent; la bouche *ab* est entourée d'une couronne spiralée de cils plus grands que ceux qui couvrent le reste du corps; le noyau *n* a une forme très allongée ainsi que la vésicule contractile *c*.

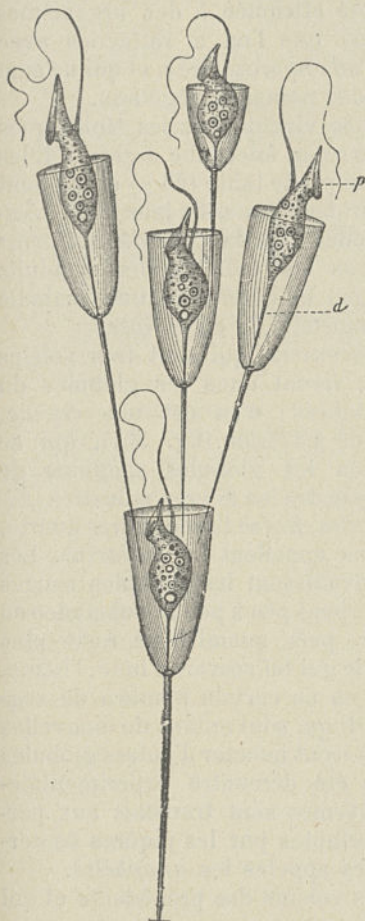


Fig. 304. — Potériodendron.

p, infusoire avec son flagellum. — *d*, pédicule rétractile qui le fixe au fond de la loge.

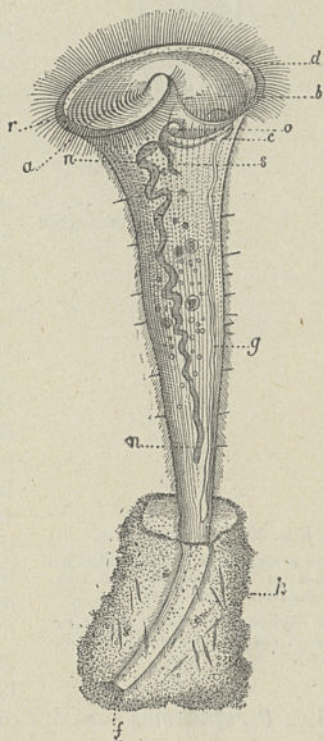


Fig. 305. — Stentor.

a et *b*, bouche entourée de cils vibratiles. — *n*, noyau très allongé. — *c*, vésicule contractile. — *h*, enveloppe gélatineuse (maximum : 4 mm.).

3° Les *Vorticelles* (fig. 302) en forme de coupe portée par un pédoncule *p* fixé et rétractile; il se ramasse en tire-bouchon ou se détend brusquement; les cils n'existent qu'autour de la bouche *a*.

3° EMBRANCHEMENT. — LES SPOROZOAIRES

Ce sont des Protozoaires entourés d'une membrane, mais *dépourvus de flagellums et de cils vibratiles*, parce qu'ils vivent en parasites chez d'autres animaux dans lesquels ils restent immobiles. Les principaux sont les *Coccidies* et les *Grégarines* (fig. 306).

Les *Grégarines* vivent libres dans le tube digestif des *Arthropodes* et des *Vers* et atteignent souvent un millimètre : la maladie des vers à soie appelée la *pébrine* a été attribuée à des organismes (*Microsporidies*) que l'on a rattachés avec quelque doute aux Sporozoaires, et qui ne sont peut-être que des parasites végétaux.

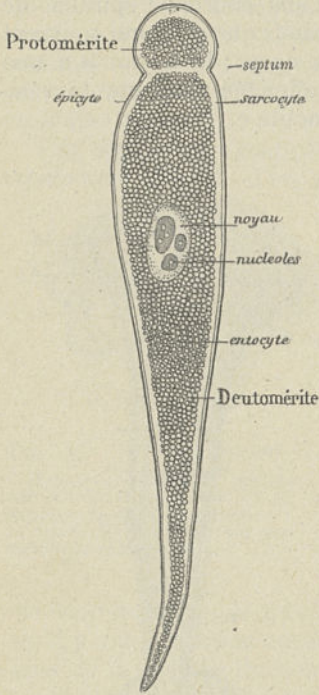


Fig. 306. — Grégarine.

Cette espèce est le *Stylorhynchus* qui vit chez les Ténébrions, insectes communs dans les boulangeries.

(On négligera les détails portés sur la figure, excepté le noyau et les nucléoles.)

Les *Coccidies* vivent chez les Mollusques et les Vertébrés (rein, foie, tube digestif). Elles sont toujours de petite taille (25 μ) et habitent dans l'intérieur des cellules de leur hôte. L'espèce la plus connue est la *Coccidie oviforme* qui habite dans les cellules des conduits biliaires du lapin et détermine une maladie généralement mortelle, la *coccidiose*.

Les *Hématozoaires*, qui sont très voisins des Coccidies, vivent dans les globules du sang des Vertébrés ; c'en est une espèce, l'*Hæmamaeba* de Laveran (fig. 307), qui se développe dans les globules sanguins de l'homme et engendre les fièvres palustres (*fièvres intermittentes*, fièvre tierce, fièvre quarte, que les Italiens appellent la *malaria*). Les Hémamibes envahissent les globules rouges dont elles absorbent peu à peu la substance en grossissant (I) ; puis, quand il ne reste plus trace du globule qui lui servait d'hôte, l'hémamibe se divise en un certain nombre de segments s (II et III) qui sont autant de nouvelles hémamibes qui iront infecter d'autres globules sanguins. Il a été démontré expérimentalement que ces germes sont transmis aux personnes bien portantes par les piqûres de certains Moustiques appelés les *anophèles*.

Les *Piroplasmés* sont des organismes très voisins des précédents et qui

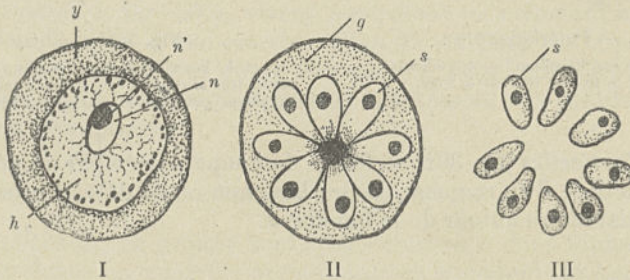


Fig. 307. — Hémamibe des fièvres palustres (*Hæmamaeba malarix*).

I, une hémamibe *h* avec son noyau *n* et son nucléole *n'* qui a envahi un globule sanguin *g*. — II, le même en voie de segmentation. — III, les segments *s* sont libres et vont pénétrer dans de nouveaux globules sanguins.

déterminent chez les animaux domestiques une véritable *malaria animale* correspondant à la *malaria humaine* ; ils sont apportés dans le sang par les

Tiques ou Ixodes (*Acariens*). La maladie est généralement mortelle pour le bœuf, le mouton et le cheval ; elle sévit avec vigueur en Algérie, en Tunisie et a été particulièrement meurtrière pendant ces dernières années dans les pays d'élevage de l'Amérique du Sud ; la cavalerie anglaise fut également très éprouvée pendant la guerre du Transvaal.

Résumé. — Le sous-règne des Protozoaires est formé d'êtres unicellulaires et se subdivise de la façon suivante :

		Classes.	
1 ^{er} embranchement :	}	Corps complètement nu	AMOEBIENS.
Rhizopodes , cellule dépourvue de membrane albuminoïde.		Corps enveloppé dans une coque calcaire	FORAMINIFÈRES.
		Corps avec squelette siliceux	RADIOLAIRES.
2 ^o embranchement :	}	Généralement 4 à 6 flagelles	FLAGELLÉS.
Infusoires , cellule avec membrane albuminoïde et des cils ou des flagelles.		Nombreux cils vibratiles courts	CILIÉS.
3 ^e embranchement :	}	Libres dans l'intestin de leur hôte	GRÉGARINES.
Sporozoaires , cellule pourvue de membrane, mais jamais de cils ; toujours parasites.		Vivent dans les cellules de leur hôte	COCCIDIÉS.
		Vivent dans les globules sanguins de leur hôte	HÉMATOZOAIRES.

SECOND SOUS-RÈGNE ANIMAL

MÉTAZOAIRES

Définition et classification. — Les *Métazoaires* comprennent tous les animaux qui sont formés d'un grand nombre de cellules différenciées les unes des autres et associées pour constituer des tissus qui rappellent ceux que nous avons étudiés chez l'homme.

Tout Métazoaire, quel que soit son degré d'organisation, provient toujours d'une cellule unique, la *cellule-œuf*, qui s'est segmentée un grand nombre de fois dans le cours de son évolution.

Les Métazoaires se subdivisent eux-mêmes en deux grands groupes, correspondant à deux modes de disposition générale des organes : les *Artiozoaires* et les *Phytozoaires*.

1° *Caractères généraux des Artiozoaires.* — Notre corps, de même que celui d'un Oiseau, d'un Poisson, d'un Ver, etc., se divise en deux moitiés, l'une *droite* et l'autre *gauche*, formées exactement des mêmes parties, ce qui fait dire qu'il y a *symétrie bilatérale*. Le plan de symétrie, c'est-à-dire le plan qui divise ainsi notre corps en deux moitiés symétriques, est unique.

Tous les animaux qui présentent une telle disposition forment le groupe des *Artiozoaires* (*artios*, pair; *zoon*, animal).

Tous se déplacent, au moins dans le jeune âge, soit dans l'eau, soit dans l'air, soit à la surface du sol; et en se déplaçant ils *portent toujours en avant la même extrémité de leur corps*, qui est qualifiée de *région antérieure* ou de *tête*. Celle-ci porte la bouche et les organes des sens.

L'extrémité opposée est la *région postérieure du corps*; elle porte souvent un prolongement qu'on appelle la queue.

D'autre part ces animaux tournent toujours vers le sol la même face, que l'on appelle la *face ventrale*; c'est toujours de ce côté que se trouve la bouche.

La face opposée est la *face dorsale*.

L'animal étant toujours ainsi orienté, il est facile de voir que les deux côtés de son corps se trouvent dans les mêmes conditions par rapport au milieu extérieur; il n'y a pas de raison pour que l'un se développe autrement que l'autre, et c'est ce qui explique que le corps peut être partagé en deux parties équivalentes par un plan de symétrie.

Le plus souvent le corps est divisé en *segments* ou *métamères* ou *zoonites*, qui sont tous placés les uns derrière les autres de façon à ne pas gêner les mouvements, comme cela s'observe très nettement chez les Vers. Chez l'homme cette *segmentation* ou *métamérisation* est moins nette, mais son existence n'en est pas moins certaine; les côtes, les vertèbres, les muscles, les nerfs rachidiens, les ganglions nerveux du sympathique se

répètent en effet très régulièrement, surtout dans la région dorsale, et attestent très nettement la segmentation du corps.

Ajoutons enfin que la paroi du corps limite une cavité, la *cavité générale*, dans laquelle sont logés la plupart des organes, tube digestif, appareil circulatoire, etc. Elle est remplie d'un liquide au milieu duquel baignent ces organes, qui se trouvent ainsi protégés et mis à l'abri de la dessiccation (I, fig. 14).

Tous les animaux terrestres sans exception sont des *Artiozoaires*.

2° *Caractères généraux des Phytozoaires*. — Les *Phytozoaires* sont au contraire des animaux toujours *fixés*, au moins dans une certaine période de leur évolution, ou qui dérivent de formes ancestrales fixées (Étoile de mer, Oursin). On conçoit que lorsqu'un animal est attaché à un support par une certaine partie de son corps, tout le reste de sa surface se trouve absolument dans les mêmes conditions par rapport au milieu extérieur, et cette surface tout entière peut s'étendre avec les progrès de l'âge; le corps n'est pas assujéti à présenter une orientation déterminée.

Il en résulte que les *Phytozoaires* n'ont pour la plupart ni *région antérieure*, ni *région postérieure*, ni *tête*, ni *queue*, ni *côté droit*, ni *côté gauche*.

Les parties du corps peuvent s'accroître sans ordre à un endroit ou à un autre, en poussant des ramifications irrégulières comme les branches d'un arbre, et la *symétrie est nulle*, ainsi que cela se voit chez les Éponges composées (fig. 310).

Ou bien l'accroissement se fait également selon toute la surface du corps et l'animal est alors *symétrique par rapport à son axe*, c'est-à-dire que l'on peut mener d'un bout à l'autre de son corps une ligne ou *axe de symétrie* autour de laquelle toutes les parties du corps se ressemblent, de quelque côté que l'on regarde l'animal. Exemple : les petites Éponges simples qui ont la forme d'un sac conique (fig. 309).

Enfin, chez d'autres l'accroissement se fait régulièrement suivant un certain nombre de rayons comme cela se passe chez les Étoiles de mer, et l'on dit qu'il y a *symétrie rayonnée*. Cette disposition rappelle celle des pétales des fleurs (fig. 336).

En outre, beaucoup de ces animaux bourgeonnent, et dans tous les cas les bourgeons se développent sans ordre, en n'importe quel point de l'organisme maternel; la colonie s'étend ainsi soit horizontalement, soit en hauteur, en se ramifiant à la façon d'un arbre (fig. 315).

Comme les différentes dispositions de ces animaux bourgeonnants rappellent exactement celles qui s'observent couramment chez les végétaux, et que la plupart vivent fixés au sol comme ces derniers, on leur a donné le nom de *Phytozoaires* (*phuton*, plante; *zoon*, animal). On les désigne aussi quelquefois sous le nom de *Zoophytes* ou *animaux-plantes*.

Ajoutons que la plupart d'entre eux (sauf les Échinodermes) sont dépourvus de *cavité générale*; la cavité digestive est limitée par les parois mêmes du corps; l'eau y entre librement et tous les *Phytozoaires* se trouvent être des animaux aquatiques, la plupart marins.

En résumé, tous les Métazoaires sont construits sur deux types de structure, les *Artiozoaires* et les *Phytozoaires*, dont les caractères se résument ainsi:

PHYTOZOAIRE. — *Animaux fixés ou dérivant d'animaux fixés, à symétrie nulle, axiale ou rayonnée; cavité générale absente, excepté chez les Echinodermes. Toujours aquatiques.*

ARTIOZOAIRES. — Animaux toujours libres, à symétrie bilatérale, formés d'un nombre variable de segments placés bout à bout et plus ou moins nettement reconnaissables à l'état adulte. Possèdent toujours une cavité générale, vivent tous dans l'eau, dans l'air ou sur le sol.

Nous commencerons leur étude par les *Phytozoaires*, qui sont les plus simples en organisation.

Les animaux appartenant à ce premier type de structure comprennent trois grands embranchements, les *Spongiaires*, les *Cœlentérés* et les *Echinodermes*, dont nous allons étudier successivement les caractères.

PREMIER TYPE DE STRUCTURE DES MÉTAZOAIRES

LES PHYTOZOAIRES

1^{er} EMBRANCHEMENT. — LES SPONGIAIRES

Les Éponges sont des êtres qui vivent fixés pour la plupart dans la mer ; quelques espèces, telles que les *Spongilles*, vivent dans les eaux douces, attachées aux objets submergés.

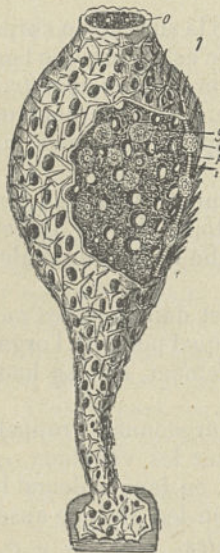


Fig. 308. — Olynthe (*Asceta primordialis*).

o, oscule ; les ostioles sont représentés à la surface par les petites plages noires, entremêlées avec des spicules à trois pointes.

PREMIER TYPE : L'OLYNTE. — L'organisation des Éponges présente des degrés très variables de complication. Considérons d'abord une des espèces les plus simples, l'*Olynthe*, qui n'a que 3 à 4 millimètres de longueur (fig. 308).

Elle est constituée tout simplement par une sorte de petit sac fixé à sa partie inférieure par un pied, et portant à son autre extrémité une ouverture ou *oscule* ; les parois latérales sont percées également d'un grand nombre de petits orifices appelés les *ostioles* ou *pores inhalants*, par lesquels l'eau extérieure pénètre dans l'intérieur du sac pour en sortir ensuite par l'oscule. Ce sont tous ces petits courants qui assurent la respiration et la nutrition de l'animal.

Quant à la structure des parois du corps, elle est des plus simples et comprend seulement trois feuillets superposés :

1° Un feuillet externe ou *ectoderme* formé d'une assise de cellules aplaties, munies chacune d'un long cil ou *flagellum* ; — 2° un feuillet moyen ou *mésoderme* formé de cellules conjonctives plongées dans une substance interstitielle gélatineuse, et renfermant des petites aiguilles calcaires ou *spicules*, qui sont généralement à plusieurs pointes et représentent le squelette de l'éponge ; — 3° le feuillet interne ou *endoderme* formé d'une seule assise de cellules d'une forme curieuse : leur face interne, c'est-à-dire celle qui regarde l'intérieur de l'éponge, porte une petite collerette allongée au centre de laquelle se trouve un long *fla-*

gellum; on les appelle couramment les *cellules flagellifères*, les *cellules à collerette* ou encore les *choanocytes*; elles forment comme une association de ces Infusoires à collerette (*Codosiga*) que nous avons décrits précédemment (fig. 300). La figure 311 représente deux de ces cellules isolées.

Ce sont elles qui assurent la nutrition de l'éponge en absorbant les petites particules nutritives qu'elles trouvent dans l'eau qui les baigne. Quant à la respiration, elle se fait directement dans toutes les cellules qui sont en contact avec l'eau; chacune puise pour son propre compte dans cette dernière l'air qui y est dissous et y rejette son acide carbonique.

DEUXIÈME TYPE : LE SYCON. — Un type d'organisation un peu plus complexe nous est fourni par le *Sycon* (fig. 309), autre petite Eponge de 2 centimètres de longueur, à spicules calcaires.

Les parois du corps sont un peu plus épaissies et encore percées d'ostioles pour la pénétration de l'eau; seulement ces ostioles sont beaucoup plus larges en leur milieu et forment des petites chambres dont les parois sont tapissées par des *cellules à collerette*; elles ressemblent tout à fait aux petites chambres *c* de la figure 310; les cellules à collerette n'existent plus que sur le pourtour de ces chambres, que l'on appelle pour cela les *corbeilles vibratiles*; elles sont remplacées sur la face interne de l'Éponge par de petites cellules aplaties qui ressemblent un peu à celles de l'ectoderme.



Fig. 309. — *Sycon* vu par sa face externe, avec son ouverture supérieure ou oscule.

TROISIÈME TYPE : LES SPONGILLES ET LES ÉPONGES DE TOILETTE. — Enfin il existe d'autres Éponges qui sont de bien plus grande taille et présentent une orga-

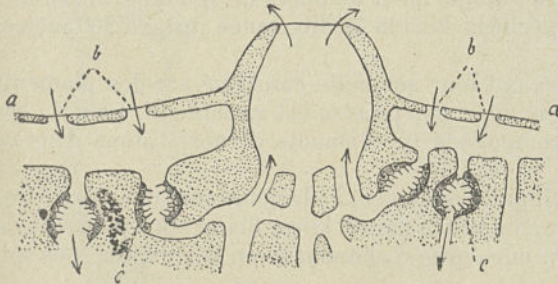


Fig. 310. — Coupe schématique d'une éponge composée (Spongile d'eau douce).

a, face externe de l'éponge. — *b*, ostioles laissant pénétrer l'eau dans les *corbeilles vibratiles* *c*. A la partie supérieure oscule pour la sortie de l'eau.

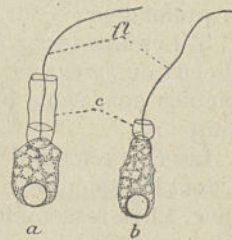


Fig. 311. — Cellules à collerette isolées.

a et *b*, noyaux des cellules. — *c*, collerette. — *fl*, flagellum.

nisation beaucoup plus complexe; on peut les regarder comme une association de *Sycons*, d'où leur nom d'*Eponges composées* par opposition aux *Eponges simples* telles que l'Olynthe et les *Sycons*, qui ne sont que de simples petits sacs à un seul orifice de sortie.

Soit par exemple une *Spongille*, éponge siliceuse de 5 ou 6 centimètres qui vit dans les eaux douces sur les bois immergés, les portes d'écluses, etc. La figure 310 en présente la coupe d'un fragment.

Sa surface est parsemée de petits mamelons au sommet de chacun desquels se trouve un petit orifice de sortie ou *oscule* ; tout autour de ces mamelons se trouvent d'autres petits orifices plus étroits, les *ostioles*, *b*, qui servent à la pénétration de l'eau. Ils se continuent par un très grand nombre de canaux très irréguliers, ramifiés et dilatés par endroits en *corbeilles vibratiles*, *c*.

Le mésoderme, c'est-à-dire la substance dans laquelle cheminent tous les canaux, renferme comme squelette des spicules siliceux ainsi que des filaments cornés formés d'une substance dont la composition est analogue à celle de la soie, et que l'on appelle la *spongine*.

Les *Eponges de toilette* ont la même structure. A leur surface on voit de larges orifices qui sont les *oscules*, accompagnés d'autres beaucoup plus nombreux et plus petits, les *ostioles*.

Les canaux internes sont également dilatés en *corbeilles vibratiles* qui assurent la nutrition ; seulement la substance dans laquelle cheminent ces canaux et qui forme la masse à peu près totale de l'Éponge est formée uniquement de spongine ; c'est cette matière qui constitue à elle seule le squelette et qui représente l'éponge telle qu'on la trouve dans le commerce.

Classification. — On divise les Éponges en trois grands groupes d'après la nature de leur squelette : les éponges *calcaires*, les éponges *cornées* et les éponges *siliceuses*.

1° Les *Eponges calcaires* sont toutes de petite taille et en forme de sacs simples, à parois plus ou moins épaisses ; leurs spicules calcaires sont toujours isolés (*Olynthe* et *Sycon*) ;

2° Les *Eponges cornées* sont ainsi appelées parce que leur squelette est constitué par de la *spongine* élastique et de nature cornée. Ce sont les éponges usuelles ; les principales sont l'*Hippospongia* ou éponge commune grossière, et l'*Euspongia* ou éponge de toilette, dont le squelette est dépourvu de spicules et formé uniquement de fibres de spongine anastomosées en réseau. Elles sont pêchées dans la Méditerranée jusqu'à 200 mètres de profondeur ;

3° Les *Eponges siliceuses* ont leur squelette constitué par des filaments siliceux ou *spicules* dont le nombre des pointes est variable (6, 4 ou 1) ; ces spicules sont seuls ou accompagnés de filaments cornés. Citons dans ce groupe :

Les *Euplectelles* des Philippines qui vivent à plusieurs centaines de mètres et dont les spicules siliceux sont reliés par de longs filaments également en silice. Elles ressemblent « à une corne d'abondance en verre filé ». Les spicules sont à six branches.

Les *Spongilles* d'eau douce qui forment des petites couches verdâtres sur les bois submergés et sur les portes des écluses ; leurs spicules sont à une seule pointe et sont réunis par des filaments de spongine.

2° EMBRANCHEMENT. — CŒLÉNTÉRÉS

Le corps de ces animaux est constitué par une sorte de sac dont une des extrémités est fermée, tandis que l'autre est ouverte pour l'entrée des

substances alimentaires et entourée d'un certain nombre de bras ou tentacules qui déterminent un appel d'eau (fig. 312). Les parois sont formées seulement de deux lames épithéliales : une externe ou *ectoderme* qui représente la peau, et une interne ou *endoderme* qui joue le rôle de membrane digestive, grâce aux liquides digestifs que sécrètent ses cellules. Celles-ci sont même capables d'émettre par leur surface libre des prolongements amiboïdes qui absorbent les particules alimentaires. Entre ces deux feuillettes se trouve une substance gélatineuse, amorphe, la *mésoglyée*, qui remplace le mésoderme absent; quelquefois cependant ce dernier feuillet existe réellement et est constitué par des cellules étoilées.

En somme, on peut dire qu'un Cœlentéré est un animal dont l'évolution s'est arrêtée au stade de la *gastrula* (fig. 13 et 14). Les substances alimentaires sont introduites dans la cavité du sac, où elles sont digérées et absorbées par l'endoderme; les déchets sont ensuite expulsés au dehors en suivant en sens inverse le même chemin qu'à l'arrivée; en d'autres termes, l'ouverture unique sert à la fois de bouche et d'anus.

Le terme de *Cœlentéré* a été tiré de la conformation particulière du tube digestif terminé en cul-de-sac (*coilos*, creux; *enteron*, intestin).

L'embranchement des Cœlentérés se subdivise en trois classes principales, les *Hydroméduses*, les *Acalèphes* et les *Coralliaires*.

CLASSE I. — HYDROMÉDUSES

La classe des *Hydroméduses* se subdivise en deux sous-classes, les *Hydroïdes* et *Siphonophores*.

1^{re} Sous-classe. — LES HYDROÏDES. — Les *Hydroïdes* présentent comme

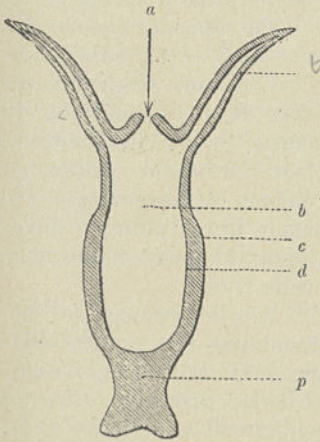


Fig. 312. — Hydre d'eau douce (schéma).

a, bouche. — b, cavité digestive se continuant dans les tentacules t. — c, ectoderme. — d, endoderme. — p, pédoncule.

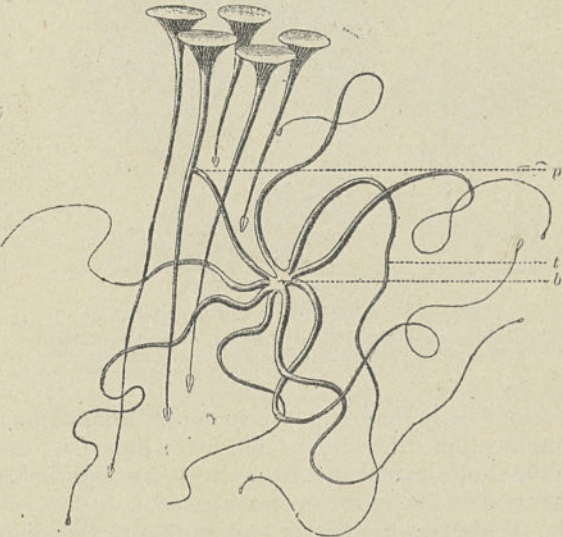


Fig. 313. — Hydre d'eau douce.

Elle est fixée sur l'une des lentilles d'eau par son pédoncule p. — t, un des tentacules fixés autour de la bouche b.

type le plus simple l'*Hydre* d'eau douce (fig. 313); celle-ci a la forme d'un petit sac allongé ayant de 1 à 3 centimètres de longueur et qui est fixé par sa

base sur les plantes aquatiques des mares, en particulier à la face inférieure des lentilles d'eau. La figure 312 en représente la coupe schématique.

La bouche *a* est entourée de six à huit tentacules très longs *t* qui saisissent les petits Crustacés servant à l'alimentation de l'animal; ces tentacules sont également des organes de défense, car leur surface renferme des cellules particulières sécrétant un liquide irritant, ce qui les fait appeler des *capsules urticantes*; en outre dans chacune de ces cellules il y a un long fil enroulé qui, au moindre contact, se déroule et se projette comme une flèche sur le corps étranger, accompagné d'un peu de liquide irritant. Ces cellules défensives s'appellent encore pour cette raison des *nématocystes* (*néma*, fil, *custis*, poche).

Les deux feuilletts qui constituent ces organismes (fig. 312) sont très peu différenciés; et, en effet, si on retourne une Hydre comme un doigt de gant de façon à ramener en dedans la peau externe, celle-ci, se trouvant désormais en contact avec les aliments, se met à digérer, tandis que l'ancienne membrane digestive joue dès lors un rôle protecteur à la surface du corps.

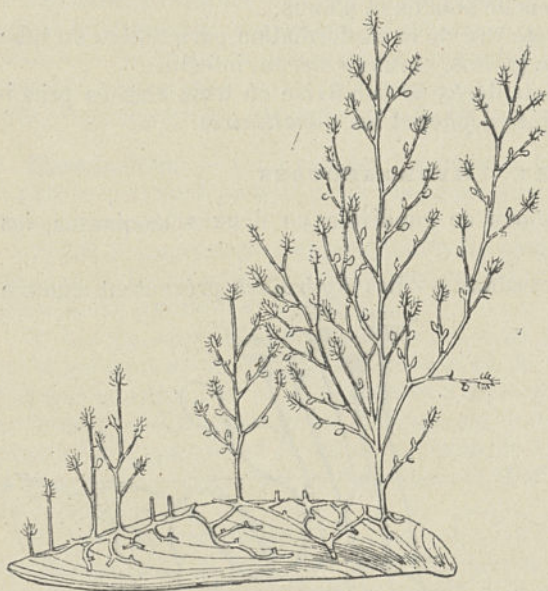


Fig. 314. — Colonie de Cordilophores.

Les individus sont placés sur les rameaux, qui sont eux-mêmes réunis à leur base par un réseau de tubes ou coenosarc.

Une Hydre coupée transversalement ou longitudinalement en deux moitiés, se régénère rapidement dans l'espace d'un jour ou deux et donne deux Hydres distinctes. Le résultat est le même si on découpe une Hydre en un plus grand nombre de tronçons, mais dans ce cas il leur faut plus de temps pour se régénérer.

La reproduction se fait par œufs et par bourgeons.

Les œufs se produisent vers le tiers inférieur du corps, sous l'ectoderme, font fortement saillie au dehors et finissent par devenir libres pour se développer chacun en une nouvelle Hydre.

Les bourgeons se forment par des petites dilatations de la double paroi du corps, dilatations qui sont creuses et en communication directe avec la cavité digestive de l'Hydre primitive. Chaque dilatation devient une Hydre nouvelle, qui habituellement se détache et va vivre d'une façon indépendante.

Toutefois, lorsque la nourriture est très abondante, la reproduction par bourgeons devient très active, et, chose curieuse, tous les nouveaux individus restent longtemps fixés sur la paroi de l'individu mère; ils bourgeonnent même à leur tour avant de devenir libres, de telle sorte que l'Hydre primitive a donné naissance à toute une colonie d'Hydres, dont toutes les cavités digestives sont en communication les unes avec les autres.

On donne le nom général de *Polype* à une Hydre isolée ou à chacune des Hydres qui constituent une colonie.

Quand une hydre s'est développée aux dépens d'un œuf, on la qualifie d'*oozoïde* ; et si elle provient d'un bourgeon qui s'est développé sur les flancs d'une autre hydre, on lui donne le qualificatif de *blastozoïde* [*blastos*, bourgeon].

Un second type d'Hydroïdes un peu plus compliqué que les Hydres est représenté par les *Cordilophores* qui vivent sur des espèces de petites moules très communes dans les cours d'eau d'Europe (Dreysennes) ; on en a également trouvé dans les bassins souterrains du Jardin des Plantes (fig. 314 et 315).

Les polypes de cette espèce ne vivent pas isolés comme l'Hydre ; ils sont toujours associés en colonies arborescentes de 5 à 6 centimètres de hauteur, et l'on peut dire qu'un Cordilophore est une colonie de petites Hydres.

Une seconde différence, c'est que les œufs des Cordilophores ne se développent pas non plus isolément, mais par petits groupes qui sont enfermés chacun dans un sac très saillant ou *gonophore* (*gonos*, reproduction ; *phéro*, porter). A maturité, le sac (4 et 5 fig. 315) se rompt et les œufs, mis en liberté, se développent chacun en une nouvelle colonie. Chez certaines espèces, les œufs se développent même dans l'intérieur des gonophores (7 et 8) et ce sont de nouveaux individus que ces derniers laissent échapper.

Un troisième type d'Hydroïdes, encore plus compliqué que le précédent, est représenté par certaines espèces que l'on trouve dans les eaux de la mer, fixées sur les rochers, les coquilles ou les algues. Elles vivent également en colonies, et dans la plupart des cas les différents polypiers sont simplement placés les uns à côté des autres, reliés à leur base par un réseau de tubes courbes ou dressés qui forment ce que l'on appelle le *cœnosarc*. Exemple : les *Campanulaires* de la figure 317.

De plus les polypes au lieu d'être nus comme chez les Hydres, sont enveloppés dans une sorte d'étui en chitine que l'on appelle le *périsarc* (*péri*,



Fig. 315. — Cordilophore.

Une portion de la colonie précédente fortement grossie. — 1, gonophore en formation. — 2, 3, gonophores un peu plus âgés. — 4, 5, gonophores remplis d'œufs. — 7, gonophore rempli d'œufs en segmentation. — 8, gonophore rempli d'embryons.

Les autres individus sont des *gastrozoïdes* accompagnés de nombreux tentacules.

autour ; *sar*, chair) ; il se continue même autour des tubes coloniaux du *cœnosarc* (fig. 316 et 317).

Enfin le dernier caractère fondamental de ces hydroïdes marins, c'est que dans la plupart des espèces les polypes d'une même colonie présentent des formes différentes qui remplissent chacune un rôle spécial dans la vie commune de la colonie. On en trouve le plus communément trois sortes (fig. 316) :

1° Des polypes qui sont organisés comme une Hydre, avec bouche terminale et tentacules ; ils assurent la nutrition de la colonie et sont appelés les *gastrozoïdes* (*gaster*, estomac ; *zoon*, animal) ;

2° D'autres sont dépourvus de bouche et de tentacules et ressemblent

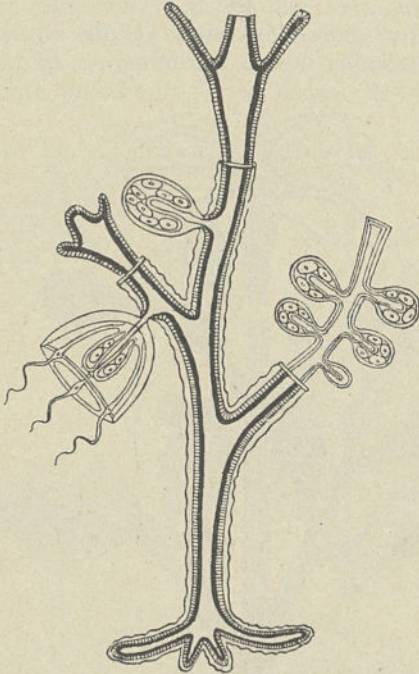


Fig. 316. — Schéma d'une colonie d'hydroïdes.

1° En haut et à gauche, en bordure noire, *gastrozoïdes* pouvant rentrer dans leur loge ; 2° au sommet deux tentacules entourant le gastrozoïde ; 3° sur la tige à droite, cinq *gamozoïdes* remplis d'œufs ; un autre à gauche ; en bas et à gauche, zoïde sur le point de se détacher de la colonie pour former une méduse libre.

Le périsarc est représenté par la ligne qui recouvre toute la colonie.

plutôt à un gros tentacule dont l'extrémité est très riche en cellules sensorielles ; ils paraissent être le siège de la sensibilité tactile et être utilisés par la colonie pour explorer le voisinage ; ce sont les *dactylozoïdes* (*dactulos*, doigt ; *zoon*, animal) ;

3° Enfin il se développe d'autres individus en forme de petits ballons dans lesquels apparaissent les œufs, et que l'on appelle les *gamozoïdes* (*gamos*, mariage ; *zoon*, animal) ; ils se développent le plus souvent sur les flancs des *gastrozoïdes* ou individus nourriciers et toujours par voie de bourgeonnement.

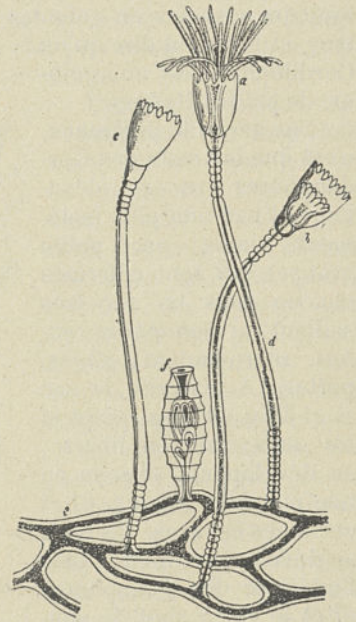


Fig. 317. — Campanulaire.

a, polype étalé. — *b*, un autre rentré dans sa loge. — *c*, une loge vide (périsarc). — *d*, pédicule des polypes. — *f*, gonopore sur le point de se détacher pour devenir une méduse. En bas, réseau de tubes coloniaux ou *cœnosarc*.

La figure schématique 316 montre l'organisation générale de ces Hydroïdes ; seulement les dactylozoïdes n'y sont pas représentés.

Le mode de reproduction constitue la particularité la plus remarquable de l'évolution de ces animaux. Les gamozoïdes se comportent quelquefois comme les Hydres et laissent simplement échapper leurs œufs, tout en restant fixés eux-mêmes là où ils ont pris naissance. Mais dans la plupart des cas, ils se détachent de l'individu mère et, chargés de leurs œufs, vont vivre d'une manière indépendante en voyageant dans l'eau. Ils prennent alors le nom de *Méduses*.

Une Méduse, telle que celle que représente la figure schématique 318, est tout à fait comparable à une sorte de cloche *ar* que l'on appelle l'*ombrelle*, et dont les contractions déterminent autant de sauts successifs par lesquels se produit le déplacement du corps. Sur le bord de l'ombrelle se trouvent des tentacules *a'*, le plus souvent au nombre de 4; des espèces en possèdent cependant 8, 12, 19, etc., et même plusieurs centaines. Dans la cavité de la cloche, qui est tournée vers le bas, est suspendue une masse charnue, le *manubrium*, percée inférieurement d'une ouverture *b* qui n'est pas autre chose que la bouche; celle-ci se continue par l'œsophage qui occupe la longueur du manubrium, puis par l'estomac *b'* qui est creusé au centre de l'ombrelle.

Cette cavité digestive, tout en restant en cul-de-sac comme c'est la règle chez tous les Cœlentérés, se continue par un certain nombre de canaux rayonnants qui se rendent sur les bords de l'ombrelle, où ils aboutissent dans un canal circulaire *c* appelé le *canal marginal*. Les tentacules sont eux-mêmes creux et viennent s'ouvrir dans le même canal marginal, généralement en face d'un canal rayonnant.

Toutes ces cavités forment l'appareil *gastro-vasculaire* de la Méduse.

Enfin l'ouverture de la cloche est rétrécie par une sorte de diaphragme ou de frange *v* qui s'attache sur le pourtour de l'ombrelle et que l'on appelle le *voile* ou *velum*. D'où le nom de *Méduses craspédotes* donné

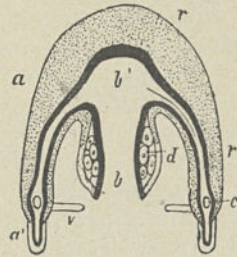


Fig. 318. — Schéma d'une Méduse (coupe).
b, ouverture du manubrium conduisant dans la cavité digestive *b'*. — *a'*, tentacule avec un prolongement de cette cavité. — *ar*, ombrelle. — *r*, coupe du voile. — *c*, coupe du canal marginal. — *d*, amas d'œufs dans le manubrium.

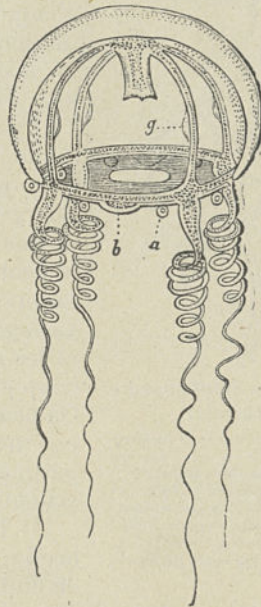


Fig. 319. — Campanulaire.
 Méduse libre qui est détachée de la colonie de la figure 317.

aux Méduses qui se détachent ainsi des colonies d'hydroïdes (*craspedon*, frange).

Tout autour de la base de l'ombrelle se trouve un anneau nerveux continu. Il envoie des filets nerveux à des *otolithes* et à des yeux rudimentaires ou *ocelles* placés sur le bord de l'ombrelle ; toutefois ces deux sortes d'organes sensoriels n'existent jamais simultanément chez la même Méduse.

Tout autour du manubrium, faisant saillie dans la cavité de l'ombrelle, se trouvent des amas d'œufs *d* qui s'échappent dans la suite par la cavité gastro-vasculaire ; chaque œuf reproduit un polype fixé, lequel reconstruit peu à peu une colonie entière en bourgeonnant. De telle sorte que la Méduse libre doit être regardée tout simplement comme un organisme chargé d'œufs, qui se détache à un moment donné de la colonie et qui en assure la dissémination.

La figure 319 représente une méduse de *Campanulaire* dans sa forme normale. Elle s'est détachée de la colonie de la figure 316 ou encore de la colonie 317, sur laquelle elle était fixée en *f* dans le jeune âge.

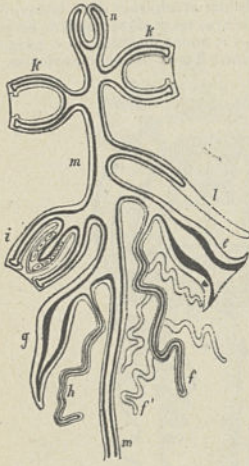


Fig. 320. — Siphonophore (schéma).

1° *n*, *pneumatophore* (méduse primitive) ; 2° *k*, *k*, *cloches nataloires* (méduses filles) ; 3° *i*, *gamozoïde* (méduse à œufs) ; 4° *e*, *gastrozoïde* (méduse nourricière avec bouche et cavité digestive) ; 5° *g*, *dactylozoïde* ; *f*, *h*, tentacules ; *f*, filaments pêcheurs.

2° *Sous-classe.* — LES SIPHONOPHORES. — Ce sont des organismes nageurs comme les Méduses et qui ne vivent guère que dans la haute mer ; mais chaque Siphonophore, au lieu d'être constitué par un individu unique, est en réalité une colonie de Méduses, de même que les Hydroïdes précédentes sont toujours des colonies des polypes.

Pour se rendre compte de l'organisation d'un Siphonophore, il n'y a qu'à supposer une Méduse telle que celle que nous venons de décrire, qui en bourgeonnerait d'autres sur les différentes parties de son corps où elles resteraient toutes fixées. Seulement les nouvelles méduses ainsi réunies pour former une même colonie, prennent des formes très variables selon la fonction qu'elles ont à y remplir, et les modifications sont même généralement beaucoup plus grandes que chez les colonies de polypes. On peut trouver jusqu'à six sortes d'individus dans une même colonie, y remplissant chacune un rôle particulier. Elles sont représentées sur la figure schématique 320. Ce sont :

1° La Méduse mère, *n*, qui est réduite à son ombrelle, parfois très grande, et qui sert uniquement de flotteur (*pneumatophore*) ;

2° Certaines Méduses filles, *k*, ne possèdent également que leur ombrelle qui est contractile et sert à la locomotion ; on les appelle les *cloches nataloires* ;

3° D'autres *i* restent à l'état de méduses complètes et sont les *gamozoïdes* parce qu'elles produisent les œufs ;

4° Certaines autres *e* servent uniquement à la nutrition de la colonie et sont appelées les *gastrozoïdes* ; elles n'ont pas d'ombrelle ni de tentacules et possèdent uniquement un long manubrium terminé par une bouche ;

5° Il y a des *dactylozoïdes* *g* comme chez les colonies de polypes ;

6° Enfin, à la base des gastrozoïdes et des dactylozoïdes, se trouvent de

longs tentacules *f* dont les extrémités sont bourrées de nématocystes et que l'on appelle les *filaments pêcheurs*.

Les figures 321 et 322 représentent deux Siphonophores dans leur état normal avec leurs différents individus constituants.

Les principaux genres sont les *Vérelles* qui sont communes dans la Méditerranée; les *Physalies* qui possèdent un très volumineux flotteur, et les

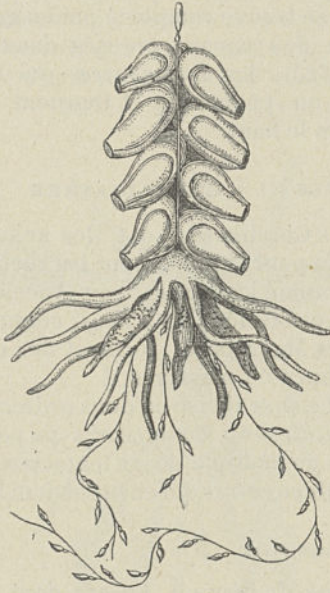


Fig. 321. — Physophore.

1° Au sommet, un petit flotteur ou pneumatophore; 2° à droite et à gauche de la tige, méduses filles en forme de cloches natatoires contractiles; 3° en bas gastrozoïdes et dactylozoïdes en forme de gros tentacules; les premiers sont ouverts; 4° longs filaments pêcheurs tout à fait en bas.



Fig. 322. — Physalie.

Au sommet volumineux pneumatophore. — Au-dessous, les autres individus de la colonie.

Physophores qui portent sur une tige verticale deux rangées de cloches natatoires, suivies par la masse des différents autres individus de la colonie.

CLASSE II. — ACALEPHES

Ce groupe comprend uniquement des Méduses qui diffèrent des précédentes parce qu'elles vivent toujours isolées, sans jamais former de colonies. On les reconnaît tout de suite à leur ombrelle qui a plutôt la forme d'un champignon que d'une cloche, et à leur taille presque toujours considérable, variant de 10 à 50 centimètres. On a trouvé une *Cyanée* qui mesurait 2^m,50 de diamètre, avec des tentacules de 36 mètres!

Le voile manque également et la bouche est entourée de quatre ou de huit bras, sans compter les tentacules qui garnissent les bords du voile.

Le système nerveux est formé de huit ou seize ganglions répartis sur les

bords de l'ombrelle, où il existe également des otocystes, des organes visuels et même des fossettes olfactives.

Toutes les espèces de ce groupe sont pélagiques, transparentes et souvent teintées de vives couleurs. Principaux genres : les *Pélagies* qui ont de très longs tentacules ; — les *Rhizostomes* (*rhiza*, racine ; *stoma*, bouche) qui sont très communs sur nos côtes et atteignent couramment de 40 à 50 centimètres de diamètre ; les bras de la bouche sont très épais, frangés et ont fermé l'orifice buccal qui se trouve remplacé par un grand nombre de fins canaux creusés dans les bras (fig. 323) ; les *Lucernaires* qui sont fixées par un pédoncule et tournent leur bouche vers le haut.



Fig. 323. — Rhizostome.

CLASSE III. — CORALLIAIRES

Tous les Coralliaires sont des animaux marins, fixés pour la plupart sur les rochers. Les uns, comme les *Actinies* ou Anémones de mer, vivent isolés ; les autres, comme le Corail et les Madrépores, forment des colonies branchues ou massives.

Cette classe se divise en deux ordres : les *Hexacoralliaires* ou *Zoanthaires* qui possèdent six ou un multiple de six tentacules autour de la bouche, et les *Octactiniaires* ou *Alcyonaires* qui en possèdent huit.

1^{er} ORDRE. — Hexacoralliaires.

Prenons comme premier type l'*Anémone de mer* ou *Actinie* dont plusieurs espèces vivent sur nos côtes, fixées isolément sur les rochers par une large expansion charnue.

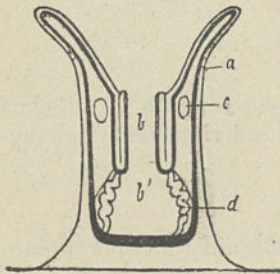


Fig. 324. — Coupe longitudinale schématique d'un Hexacoralliaire.

a, ectoderme. — *b*, œsophage ou estomac. — *b'*, cavité intestinale fermée en cul-de-sac. — *d*, repli mésentéroïde. Au sommet, à droite et à gauche, deux tentacules.

Chaque individu consiste en un sac dont l'ouverture est entourée, dans le jeune âge, par six tentacules creux, non ramifiés, et communiquant avec l'intérieur du sac. Ces tentacules, quand ils sont étalés, rappellent les pétales d'une fleur, d'où le nom de *Zoanthaires* donné encore au groupe (*zoon*, animal ; *anthos*, fleur) (fig. 327 à 329).

La bouche se continue par un tube que l'on appelle indistinctement l'*œsophage* ou l'*estomac* et qui est suspendu dans l'intérieur du corps, mais sans en atteindre le fond. Au-dessous de lui, la paroi externe du corps envoie six cloisons charnues, verticales, appelées les *replis mésentéroïdes*, qui se soudent supérieurement avec la base de l'œsophage et font fortement saillie dans la cavité digestive, ainsi que l'indique la coupe transversale pratiquée au-dessous de l'œsophage (fig. 326).

Les six loges ainsi délimitées communiquent par conséquent entre elles

et avec l'œsophage ; chacune d'elles se continue en outre supérieurement dans l'intérieur du tentacule correspondant. Les œufs se forment dans l'intérieur des cloisons.

A mesure que l'animal grandit, le nombre de ces cloisons et de ses tentacules se double et devient 12, 24, etc... ; il peut s'en former ainsi jusqu'à sept cycles.

A côté des différentes espèces d'*Actinies* dont le corps est mou, se place le type des *Madréporaires*, qui possèdent un squelette calcaire. Celui-ci se compose d'une sorte de manchon périphérique ou *muraille*, dont la face interne envoie des lames saillantes qui se placent entre les lames *mésentéroïdes* et qui occupent ainsi le milieu des loges. De plus la production calcaire se continue sous le polype par une sorte de *disque* qui sert de support à la muraille et aux cloisons ; elle envoie également au centre du polypier une petite colonne centrale ou *columelle*.

Ajoutons que toutes les parties de ce squelette ou *polypier*, sont tapissées par l'ectoderme ou peau externe du polype, au lieu d'être développées à l'exté-

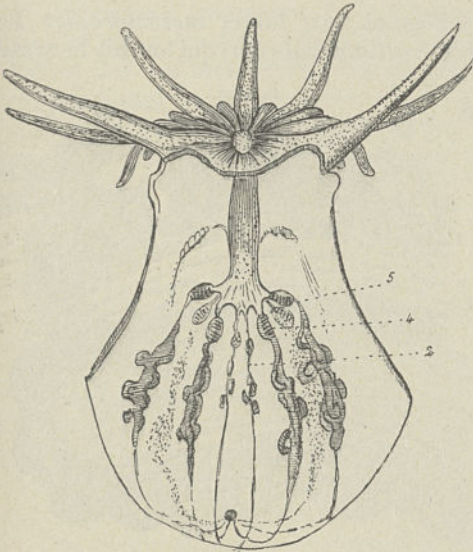


Fig. 325. — Actinie en coupe longitudinale.

2, 4, 5, replis mésentéroïdes se rejoignant supérieurement à la base de l'œsophage. Au sommet, bouche entourée de tentacules.

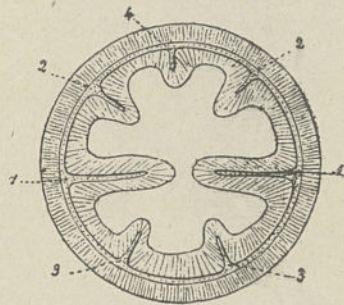


Fig. 326. — Coupe transversale d'une Actinie au-dessous de l'œsophage.

Dans chaque moitié, il y a trois cloisons 1, 2, 3. Une nouvelle, 4, fait son apparition.

rieur de ses tissus. Pour se rendre compte d'une telle disposition, il n'y a qu'à supposer le polype venant se placer à cheval sur l'espèce de calice que forment la muraille et ses cloisons, puis s'enfonçant dans toutes les anfractuosités de ce calice en débordant même à la périphérie, sur la muraille qu'il recouvrirait complètement.

La partie charnue qui recouvre ainsi la muraille extérieurement s'appelle le *sarcosome*.

Chez la plupart des espèces de *Madréporaires*, les individus vivent associés les uns aux autres en réunissant leurs disques basilaires calcaires ; de leur côté leurs murailles ainsi que leurs cloisons sont percées de très nombreux petits canaux de communication qui mettent en rapport toutes les cavités digestives et établissent ainsi une vie coloniale parfaite.

Les polypes se reproduisent généralement par bourgeonnement ; chez

certaines espèces, les jeunes se développent sur les parois des anciens qui meurent, et à la longue les squelettes ainsi surajoutés forment des massifs calcaires considérables. C'est ainsi que se constitue dans les régions tropicales les récifs coralliaires qui bordent les côtes de ces îlots annulaires que l'on appelle les *atolls*. A l'époque jurassique, ces polypiers constructeurs ont formé dans les mers qui couvraient alors l'Europe des massifs calcaires considérables.

Les principaux genres sont : les *Caryophyllies* qui vivent isolées ; — les *Madrépores* qui sont abondamment ramifiés ; — les *Fongies* qui ressemblent à un chapeau de champignon ; — les *Méandrines*, polypiers massifs dont les murailles sont confondues et forment de larges bandes sinueuses.

2° ORDRE. — Alcyonaires ou Octactiniaires.

Ils ont tous huit tentacules ramifiés et huit lames mésentéroïdes. Le principal représentant est le Corail (*Corallium rubrum*) qui fournit le corail du commerce (fig. 327 et 328).

Il comprend une tige calcaire



Fig. 327. — Branche de Corail rouge avec ses polypes étalés (*Corallium rubrum*).

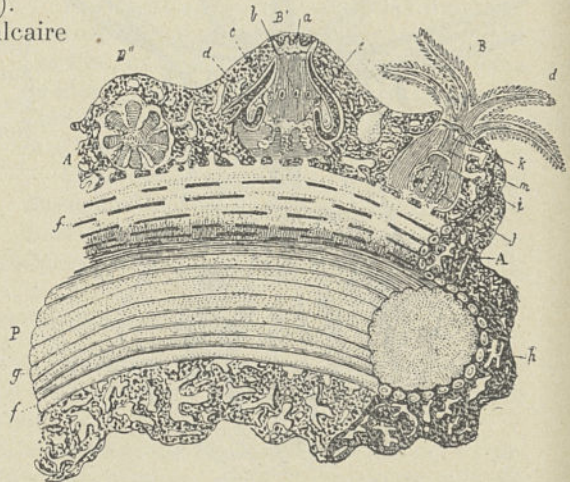


Fig. 328. — Coupe longitudinale à travers un polypier. Rameau de Corail rouge.

P, tige calcaire rouge ou polypier. — A, sarcosome dans lequel sont implantés les polypes B, B' (rétracté dans sa loge) et B'' coupé en travers ; il est parcouru par de nombreux canaux f, h.

ramifiée et de couleur rouge (carbonate de chaux et oxyde de fer), qui constitue le squelette du polypier et qui est précisément la partie utilisée dans le commerce. Ce squelette est entouré d'une chair molle ou *sarcosome*, incrustée de nombreux spicules calcaires rouges, et dans laquelle sont implantés, par leur base, des polypes organisés comme ceux des Coralliaires, avec cette différence qu'ils possèdent toujours huit tentacules ramifiés (fig. 329). Les cavités digestives communiquent les unes avec les autres par des canaux creusés dans le sarcosome. Le corail rose, le plus estimé, se pêche sur les côtes de la Syrie ; le rouge est abondant sur les côtes d'Algérie et de la Tunisie.

A côté du Corail se placent : les *Gorgones* dont les polypes sont portés sur un axe corné et ramifié ; — les *Pennatules* qui n'ont pas d'axe solide et

dont les polypes sont portés simplement par une tige charnue et cylindrique, pourvue de ramifications latérales qui lui donnent l'aspect d'une plume.

RÉSUMÉ DES CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES COELENTÉRÉS. — La disposition rayonnée des lames mésentéroïdes, des cloisons calcaires quand elles existent et des tentacules montre que les Cœlentérés sont des animaux à symétrie radiaire ou rayonnante.

Le corps est constitué comme une gastrula et possède une cavité digestive pourvue d'un seul orifice, qui sert à la fois de bouche et d'anus et est entouré de tentacules. Les parois sont formées de deux feuilletts, ectoderme et endoderme, séparés par un mésoderme rudimentaire ; elles restent molles ou sont soutenues par des formations calcaires. Ce sont elles qui limitent directement la cavité digestive, de sorte qu'il n'y a pas de cavité générale.

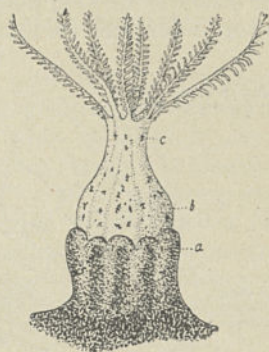


Fig. 329. — Corail rouge.
Un polype isolé avec ses 8 tentacules. — a, loge dans laquelle il peut se rétracter.

3^e EMBRANCHEMENT. — LES ÉCHINODERMES

Ces animaux, qui comprennent en particulier les Oursins et les Étoiles de mer, sont ainsi appelés parce que leur corps est souvent revêtu de piquants calcaires. Toute leur peau est d'ailleurs incrustée de calcaire qui s'est développé dans le derme et qui est disposé généralement sous la forme de petites plaques. Leur organisation générale est beaucoup plus élevée que celle des Cœlentérés, parce qu'ils possèdent un tube digestif ouvert à ses deux bouts, un appareil circulatoire complexe qui présente la particularité de communiquer avec l'extérieur, et enfin une cavité générale, qui est un espace compris entre les parois du corps et le tube digestif.

Les échinodermes sont tous des animaux marins et se subdivisent en quatre classes principales : les *Échinides* (Oursin) les *Stellérides* (Étoiles de mer et Ophiures), les *Holothurides* (Holothuries) et les *Crinoïdes*.

CLASSE I. — ÉCHINIDES

Nous étudierons comme type les petits Oursins violets (*Strongylocentrotus lividus*) qui sont communs sur nos côtes et qui se creusent des loges dans les rochers.

Une fois que l'animal est débarrassé de ses piquants, on y distingue facilement la bouche placée au centre de la face inférieure, qui est la face ventrale ou orale ; au pôle opposé, face dorsale ou aborale, se trouve une autre ouverture qui est l'anus. Lorsque l'Oursin a ainsi les deux extrémités de son tube digestif aux deux pôles opposés, on dit qu'il est régulier. Chez d'autres, l'anus seul ou bien l'anus et la bouche à la fois prennent une position excentrique et on les qualifie d'Oursins irréguliers (fig. 332).

La carapace calcaire qui recouvre le corps d'un Oursin régulier se compose de petites plaques présentant une disposition également régulière (fig. 330) : 1^o Au centre de la face dorsale il y a une plaque à peu près

circulaire, la plaque *centro-dorsale*, percée d'un orifice pour l'anus ; elle est entourée de cinq plaques polygonales percées chacune d'un trou pour la sortie des œufs (*plaques basales*), en dehors desquelles s'en trouvent cinq

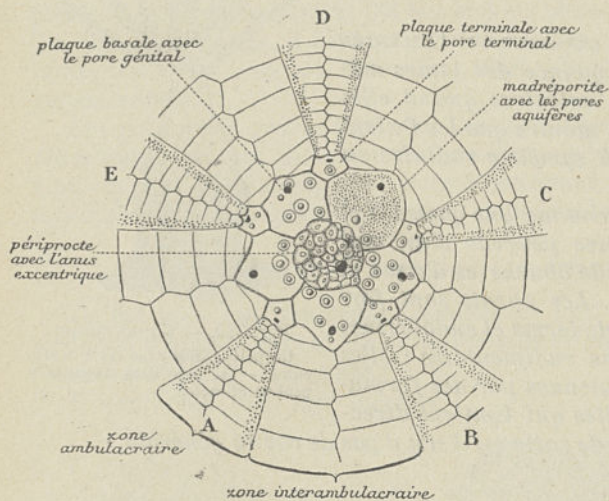


Fig. 330. — Oursin vu par sa face dorsale.

A, B, C, D, E, zones ambulacraires ; les autres sont les interambulacraires.

autres plus petites appelées *plaques radiales* ou *neurales* (*plaques terminales* de la figure 308). Une des plaques basales, un peu plus grande que les autres, est percée d'un grand nombre de pores par lesquels l'eau pénètre dans l'intérieur du corps et s'appelle la *plaque madréporique* ou *madréporite*. Toutes ces plaques constituent l'*appareil apical* ;

2° De chaque plaque radiale se détache une sorte de fuseau ou *zone ambulacraire*, (A, B, C, D, E) qui s'étend jusqu'à l'ouverture buccale et qui

est composé de deux rangées de petites plaques pentagonales, unies l'une à l'autre suivant une ligne brisée.

Ces plaques sont percées de pores disposés deux par deux, par lesquels

sortent des petits tubes membraneux et rétractiles, remplis de liquide, que l'on appelle les *ambulacres*

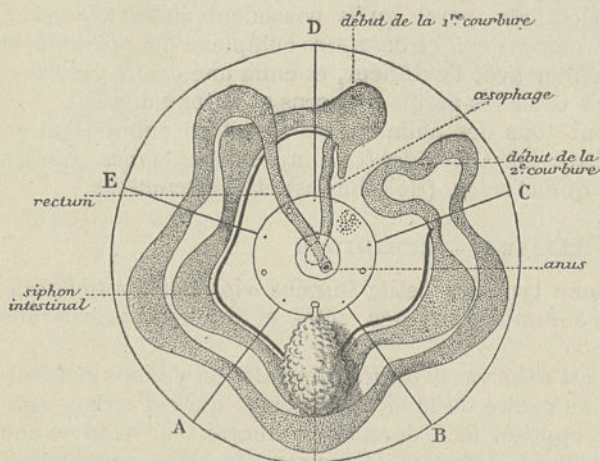


Fig. 331. — Oursin vu par sa face dorsale.

L'animal est ouvert et vu par sa face supérieure.

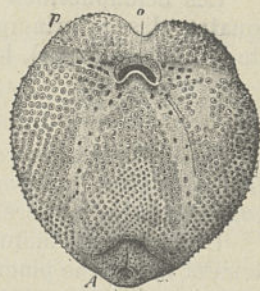


Fig. 232. — Oursin irrégulier (*Spatangue*).

A, anus. — o, bouche.
p, pores des pieds ambulacraires.

ou *pieds ambulacraires* et dont nous verrons plus loin l'origine. La respiration s'effectue à travers leurs parois minces ; de plus, ils se terminent à leur extrémité par une petite ventouse qui adhère aux corps étrangers et

permet ainsi à l'Oursin de se déplacer tout doucement ; ces organes constituent, en somme, le véritable appareil locomoteur de l'animal. Enfin les plaques radiales sont percées chacune d'un trou pour livrer passage à un nerf qui se rend dans les parties superficielles du corps.

3° Du sommet de chaque plaque basale part un autre fuseau plus large qui s'étend également jusqu'à l'orifice buccal, en occupant l'espace compris entre deux zones ambulacraires voisines, ce qui le fait qualifier de *zone interambulacraire*. Celle-ci comprend pareillement deux rangées de plaques calcaires, mais plus grandes que les précédentes, et dont la surface porte des petits tubercules sur lesquels s'articulent, à l'aide de muscles et de ligaments, les pitites tiges calcaires ou *piquants* ainsi que les *pédicellaires*.

Ces derniers organes (fig. 334) consistent en une petite tige terminée par une sorte de pince à trois branches mobiles, qui sert pour la préhension et qui est même accompagnée quelquefois de glandes venimeuses. Les pédicellaires se trouvent surtout au voisinage de la bouche (*pe*, fig. 335) et même sur les plaques ambulacraires.

Appareil digestif (fig. 331). — Il commence par la bouche située au milieu de la face inférieure et se continue par un *œsophage*, qui se dirige verticalement dans la direction du pôle dorsal ; puis le tube augmente de

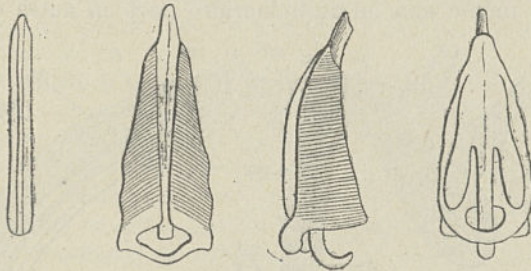


Fig. 333. — Une pyramide de la lanterne d'Aristote.

1, vue du côté externe. — 2, vue de profil. — 3, vue du côté interne. — 4, une dent isolée.

diamètre, se courbe brusquement pour gagner la paroi et décrit un premier tour complet ; après quoi il rebrousse chemin et décrit un second tour en sens inverse pour aller s'ouvrir ensuite par l'anus au sommet du pôle dorsal.

La bouche est entourée d'un appareil masticateur spécial, très puissant, la *lanterne d'Aristote*, composée de cinq pyramides triangulaires creuses exactement juxtaposées et unies par plusieurs muscles (fig. 333). Chaque pyramide est munie sur sa face interne d'un grand prolongement ou *dent*, qui avance en saillie au delà du sommet de la pyramide et qui est visible au dehors au niveau de la bouche. Cette dent se régénère par sa base à mesure qu'elle s'use par sa pointe en broyant les petits animaux dont se nourrit l'Oursin (*d*, fig. 335).

Circulation. — L'appareil circulatoire de l'Oursin est d'une grande complication et présente la particularité remarquable d'être en communication directe avec l'eau du dehors. Il comprend trois grandes parties : l'*appareil aquifère*, l'*appareil plastidogène* et l'*appareil absorbant* que représente la figure schématique 335.

I. L'appareil aquifère se compose d'un certain nombre de tubes dans lesquels circule l'eau qui vient du dehors et qui se répartissent ainsi : 1° un tube circulaire *a* appelé *anneau ambulacraire* ou *anneau périœsophagien*, qui entoure la base de la lanterne d'Aristote et qui porte sur son pourtour cinq ampoules contractiles, les *vésicules de Poli* ;

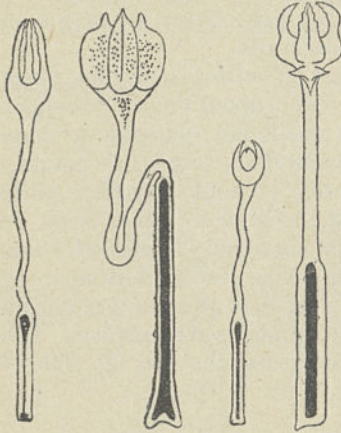


Fig. 334. — Différentes formes de pédicellaires.

2° Cinq *canaux radiaires ambulacraires* *cr* se détachent de l'anneau précédent, entre les vésicules de Poli, et remontent le long de la face interne de chaque ambulacraire pour aller se terminer en cul-de-sac *cœ* immédiatement au-dessous de la plaque radiale correspondante. Ces tubes envoient sur tout leur parcours de très nombreuses ramifications qui sortent par les pores des plaques calcaires et forment les *pieds ambulacraires* dont nous avons parlé précédemment ;

3° Enfin, du même anneau ambulacraire part un autre canal, le *canal*

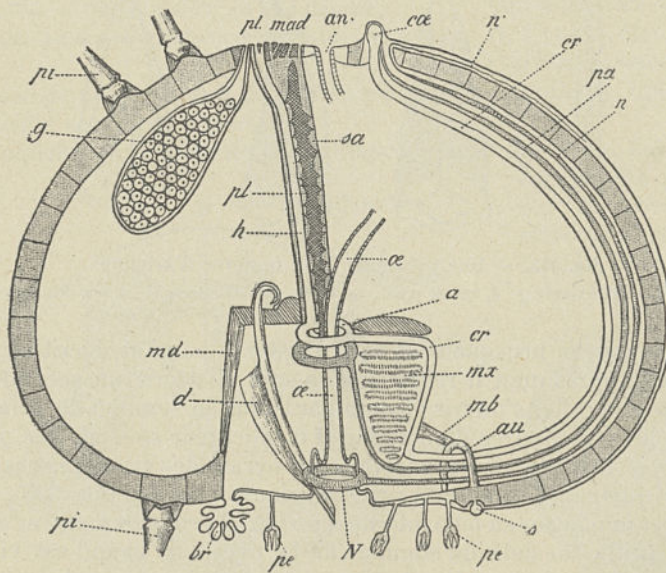


Fig. 335. — Coupe montrant l'organisation d'un oursin régulier.

a, œsophage et *an*, l'anus (la partie intermédiaire de l'intestin n'est pas figurée). — *mx*, mâchoire. — *d*, une dent, avec ses muscles *md* et *mb*. — *pe*, pédicellaires. — *pi*, base d'un piquant.

Système aquifère : *a*, anneau ambulacraire avec un de ses cinq canaux radiaires *cr*, qui se termine en cul-de-sac, *cœ* ; il s'en détache aussi le canal hydrophore *h* qui s'ouvre en dehors à la plaque madreporique *pl. mad*.
Appareil plastidogène : *sa*, sinus axial, se continuant inférieurement avec l'*anneau labial* et les cinq canaux sous-ambulacraires *pa*. — *N*, anneau nerveux avec une de ses cinq branches *n*. — *g*, masse d'œufs (Zoologie, R. FERRIER.)

aquifère ou *hydrophore* *h* qui remonte verticalement pour aller s'ouvrir au-dessous de la plus grande des plaques basales ou *plaque madreporique* *pl*.

Toutes les parties de cet appareil aquifère sont remplies d'eau qui leur arrive de l'extérieur : elle pénètre par les pores de la plaque madréporique et se rend par le tube *hydrophore* dans toutes les parties du système aquifère, *anneau, canaux radiaires* et *pieds ambulacraires*. Ceux-ci deviennent turgescents sous l'afflux du liquide et font alors saillie à l'extérieur.

L'air dissous dans l'eau, qui circule ainsi dans tous ces conduits, passe à travers leurs parois par osmose et pénètre dans les tissus des organes voisins pour en assurer la respiration. Tandis que chez les Vertébrés, par exemple, ce sont les globules sanguins qui charrient l'oxygène dans tout l'organisme, ici, c'est l'eau qui circule au voisinage des organes internes et leur cède par osmose l'air qu'elle tient en dissolution.

II. *Appareil plastidogène*. — Il a pour fonction d'engendrer les globules sanguins. Il comprend également trois parties :

1° Le *sinus axial* *sa*, sorte de cordon de tissu conjonctif creusé de cavités irrégulières, qui accompagne le canal aquifère dans toute sa longueur et communique supérieurement avec les pores de la plaque madréporique. C'est dans les mailles de ce tissu lacuneux que prennent naissance les globules du sang, qui affectent la forme de corpuscules amiboïdes et de corpuscules mûriformes ; aussi le sinus axial est-il encore appelé *l'organe plastidogène* ;

2° Le sinus se continue inférieurement par un anneau de même tissu spongieux, *l'anneau labial*, qui est parallèle à l'anneau périœsophagien du système ambulacraire ;

3° Enfin de l'anneau labial il part cinq cordons lacuneux *pa* qui remontent tous vers l'anus, en suivant la face externe des canaux radiaires remplis d'eau, et s'ouvrent dans un autre anneau qui entoure l'ouverture de l'anus ; on les appelle les *canaux sous-ambulacraires* à cause de leur position sous la carapace, presque immédiatement au-dessous des pieds ambulacraires.

Toutes les parties de cet appareil, surtout l'anneau labial, présentent la particularité de communiquer par des canalicules très fins avec la *cavité générale*, c'est-à-dire avec l'espace compris entre les organes et les parois du corps ; et il en résulte ce fait intéressant que les globules sanguins, engendrés par l'organe plastidogène, passent par diapédèse à travers les parois et se répandent dans la cavité générale et les cavités ambulacraires.

III. *Appareil absorbant*. — Les substances digérées dans l'intestin sont absorbées par deux *canaux intestinaux*, qui ne sont pas autre chose que des lacunes creusées dans les parois de la face interne et de la face externe de la courbure intestinale, et dont l'ensemble forme une sorte de réseau capillaire. Ces canaux communiquent inférieurement avec *l'anneau labial* de l'appareil plastidogène. De telle sorte que, si on considère l'ensemble complexe des trois appareils, aquifère, plastidogène et absorbant, on se rendra compte que les substances digérées passent des canaux intestinaux dans l'anneau labial et le reste de l'appareil plastidogène, puis de là dans toute la cavité générale où elles vont baigner directement tous les organes.

Respiration. — Elle s'effectue, comme nous l'avons expliqué plus haut, par l'ensemble de tous les tubes ambulacraires et par les pieds ambulacraires. Elle se produit encore par la seconde courbure de l'intestin. Celle-ci ne renferme jamais d'aliments comme l'autre ; elle est dépourvue de vaisseaux absorbants et elle reçoit constamment de l'eau que lui amène un tube

étroit, le *siphon intestinal* (fig. 331) qui débouche d'une part à l'entrée de l'œsophage et d'autre part au commencement de ladite seconde courbure. L'air dissous dans l'eau traverse par osmose la membrane intestinale et passé irrécemment dans le liquide de la cavité générale. Une telle disposition a tout simplement pour effet d'augmenter la surface respiratoire des tubes ambulacraires chez ces animaux qui n'exécutent que des mouvements très lents et qui par suite ont besoin de mieux renouveler l'eau avec laquelle ils sont en contact.

Système nerveux. — Il consiste tout simplement en un collier pentagonal de couleur violette (N, fig. 335) qui entoure la bouche ; les angles présentent des petits renflements cellulaires d'où partent cinq nerfs *n* qui remontent vers l'orifice anal en suivant les zones ambulacraires. Chacun de ces nerfs radiaires sort ensuite par le pore de la plaque radiale correspondante et va se ramifier dans les téguments.

Principaux genres. — Parmi les Oursins réguliers : le petit *Oursin violet* (*Strongylocentrotus lividus*), très commun sur nos côtes où il se creuse des cavités dans les rochers ; les *Cidaris*, qui ont des piquants atteignant parfois 10 centimètres de longueur et un centimètre de diamètre.

Parmi les Oursins irréguliers : les *Clypéastres* et les *Scutelles*, très aplatis, avec des zones ambulacraires étalées en forme de pétales ; les *Echinocardium* qui s'enfoncent dans le sable des plages ; les *Spatanges* qui vivent à des profondeurs moyennes et atteignent 10 centimètres (fig. 332).

CLASSE II. — STELLÉRIDES

Les Étoiles de mer (fig. 336), qui constituent cette classe, sont essentiellement caractérisées par leurs bras rayonnants, généralement au nombre de cinq, et soudés à une masse centrale, le *disque*.

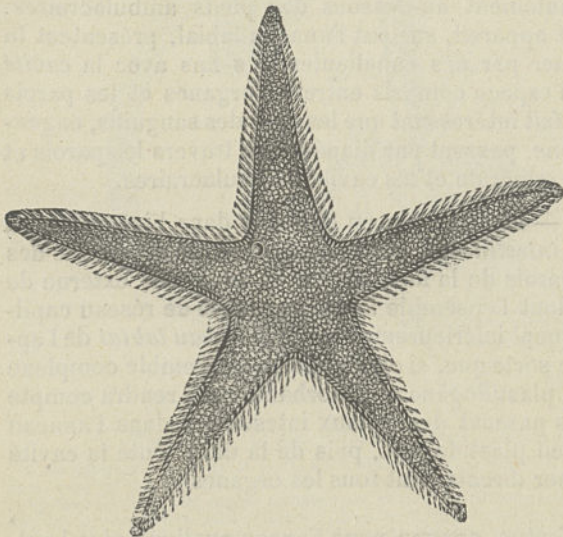


Fig. 336. — Étoile de mer.

Astropecten vu par la face dorsale ; la plaque madréporique est visible entre les deux bras supérieurs.

Leur organisation générale est la même que celle des Oursins et est représentée en partie par la figure 337 ; leur corps est recouvert de petites plaques calcaires qui, il est vrai, n'ont une disposition régulière qu'à la face inférieure.

Leur organisation générale est la même que celle des Oursins et est représentée en partie par la figure 337 ; leur corps est recouvert de petites plaques calcaires qui, il est vrai, n'ont une disposition régulière qu'à la face inférieure.

Il existe un appareil ambulacraire *p*, un appareil plastidogène *s* et un système nerveux identiques à ceux des Oursins. À l'extrémité de chaque bras, il y a en plus une petite tache rouge qui est un œil simple, ou *ocelle*.

La bouche *o* se trouve au milieu de la face inférieure ; il en part cinq gout-

tières qui suivent chacune le milieu d'un bras, jusqu'à son extrémité ; deux ou quatre rangées de pieds ambulacraires *p* font saillie dans chaque gouttière ; ces pieds ont une force musculaire énorme, et quand ils s'appliquent étroite-

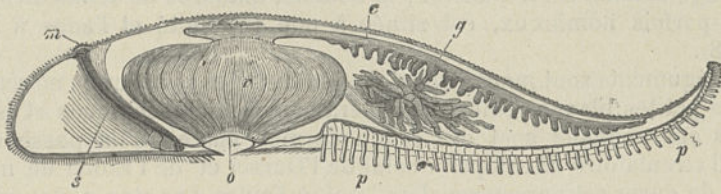


Fig. 337. — Étoile de mer (*Solaster*).

Coupe passant par le disque et d'un bout à l'autre d'un bras. — *o*, bouche. — *v*, cavité stomacale avec un des cœcums *c*, qu'elle envoie dans le bras. — *g*, masse d'œufs. — *m*, plaque madréporique avec le canal hydrophore et le sinus axial *s* qui y débouchent. — *p*, pieds ambulacraires.

ment sur les deux valves d'une coquille de moule ou d'huitre, ils sont capables de les faire entrebâiller, pour dévorer ensuite l'animal.

La bouche se continue par un œsophage très court, qui s'ouvre lui-même dans un estomac volumineux *v* occupant à lui seul presque tout le disque.

Vient ensuite un intestin qui est toujours très court et *terminé en cul-de-sac* ; quelquefois, l'anus existe, mais il est très étroit et ne fonctionne jamais.

A noter cette particularité que l'estomac envoie dix prolongements ramifiés qui s'étendent deux par deux jusqu'à l'extrémité de chaque bras et qui sécrètent des liquides digestifs (*c*, fig. 337).

Les Étoiles de mer sont carnassières et se nourrissent de Lamellibranches ; elles sont friandes de moules et d'huitres. Quand elles sont parvenues à faire bâiller la coquille par le moyen expliqué tout à l'heure, elles retournent leur estomac au dehors, l'appliquent étroitement contre leur proie, qu'elles digèrent ainsi extérieurement. Elles n'ont pas l'appareil absorbant spécial des Oursins.

Citons, pour terminer, la particularité curieuse que possèdent les Etoiles de mer de se régénérer quand elles ont été morcelées. Un bras coupé se reforme facilement avec ses organes internes. Certaines espèces se multiplient en se découpant en deux moitiés qui se complètent ensuite. Il y en a même dont le bras, quand il est détaché, peut reproduire une Etoile entière.

Les principaux genres sont : l'*Asterias*, qui est très commune sur nos côtes et possède cinq bras ; l'*Heliaster*, qui en a une trentaine ; les *Solaster*, qui en ont une dizaine avec un disque large, etc.

Les *Ophiures* sont des sortes d'étoiles de mer à bras très grêles, qui ne sont pas des prolongements directs du disque central. Ces bras manquent d'ailleurs de prolongements stomacaux et l'anus fait toujours défaut.



Fig. 338.

Holothurie (*Cucumaria*).

T, tentacules arborescents étalés.
Af, tubes ambulacraires.

CLASSE III. — HOLOTHURIES

Elles sont d'une forme très différente des espèces précédentes. Le corps est allongé comme celui d'un ver ; la bouche, entourée de tentacules ramifiés et parfois nombreux, est située à une extrémité et l'anus à l'autre (fig. 338).

Les téguments sont mous, très riches en muscles et le derme ne renferme que des petites plaques calcaires généralement microscopiques et isolées.

Mais ces animaux sont des Echinodermes parce qu'ils possèdent un appareil circulatoire identique à celui de l'Oursin et de l'Etoile de mer ; la surface du corps est parcourue d'un bout à l'autre par cinq zones ambulacraires, munies de pieds ambulacraires saillants *Af* ; seulement l'appareil circulatoire ne communique plus avec l'extérieur, parce que le tube hydrophore s'ouvre dans la cavité générale et non pas au dehors.

Le tube digestif, qui est un long tube à trois circonvolutions, reçoit à son extrémité terminale deux longs sacs abondamment ramifiés (*organes arborescents*) qui s'étendent dans toute la cavité générale et qui représentent des *organes excréteurs* ; on les a longtemps regardés comme des poumons.

Ajoutons que certaines Holothuries se morcellent très facilement quand elles sont inquiétées, en contractant fortement leur musculature périphérique. Il y en a qui rejettent même ainsi leur tube digestif et qui en régèrent ensuite un autre.

CLASSE IV. — CRINOÏDES

Il en existe une espèce sur nos côtes, la *Comatule*, qui a la forme d'un petit disque portant dix longs bras pennés, réunis deux par deux à leur base.

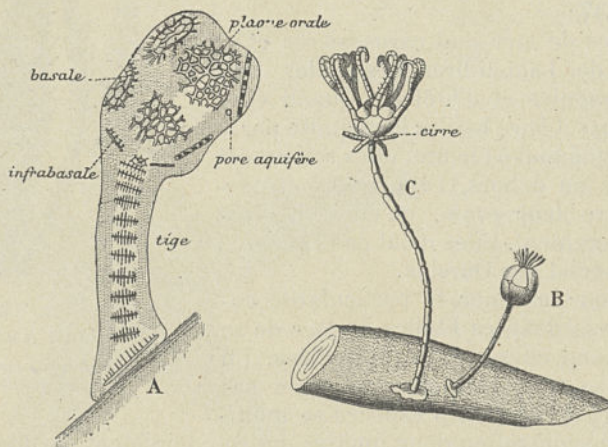


Fig. 339. — Jeunes Comatules.

A, larve fixée depuis deux jours. — B, larve à 15 tentacules. — C, larve un peu plus âgée.

Elle est colorée en rouge et vit sur les rochers qui ne découvrent qu'aux grandes marées (C, fig. 339).

On y trouve un appareil circulatoire et un organe plastidogène comme chez les Oursins.

Ce qui fait l'intérêt de la Comatule, c'est qu'avant d'être libre elle possède dans le jeune âge un long pédoncule par lequel elle reste fixée aux rochers (fig. 339). Elle ressemble alors tout à fait à d'autres Crinoïdes appelés *Pentacrines* que l'on trouve dans les grandes profondeurs, et qui sont toujours fixés pendant toute leur vie par un long pédoncule, formé de petites pièces calcaires empilées ou *articles*.

Ces espèces ont été très communes dans les mers de l'ère secondaire, car il existe certains calcaires (*calcaire à entroques*) qui sont presque uniquement formés par l'agglomération des articles ou entroques de leurs pédoncules.

RÉSUMÉ DES CARACTÈRES DES ECHINODERMES. — La disposition rayonnante des cinq zones ambulacraires et des cinq zones interambulacraires, disposition qui se retrouve chez les tubes sous-ambulacraires et les nerfs, fait dire que les *Echinodermes* sont des animaux à symétrie radiaire ou rayonnée, au même titre que les *Cœlentérés*. — *Derme toujours incrusté de calcaire*. — *Système circulatoire très complexe et communiquant presque toujours avec l'extérieur*. — *Se meuvent à l'aide des pieds ambulacraires et possèdent une cavité générale qui sépare les parois du corps de celle du tube digestif*.

RÉSUMÉ DES PHYTOZOAIRES. — Les Phytozoaires représentent le premier type de structure des êtres pluricellulaires ou Métazoaires. Ce sont des animaux fixés soit à l'état adulte, soit seulement dans le jeune âge ou qui dérivent d'animaux fixés. Leur symétrie est nulle, axiale ou rayonnée. Toujours aquatiques.

Ils se subdivisent en trois embranchements, les *Spongiaires*, les *Cœlentérés* et les *Echinodermes*.

1° Les *Spongiaires* ont le corps creusé d'une seule cavité ou d'un système complexe de cavités où circule constamment l'eau du milieu extérieur; les parois de ces cavités sont formées par les trois feuillets embryonnaires sans cavité générale; le plus interne de ces feuillets est composé de cellules ciliées qui président aux fonctions de l'organisme, digestion, respiration, etc. ;

2° Les *Cœlentérés* ou *Polypes* ont le corps formé d'un simple sac à ouverture unique servant à la fois de bouche et d'anus; ils sont arrêtés au stade de la gastrula, mais leur mésoderme est nul ou peu développé. Pas de cavité générale. Certains deviennent libres et nagent dans la mer; leur symétrie est rayonnée ;

3° Les *Echinodermes* possèdent un tube digestif ouvert à ses deux extrémités et suspendu dans une cavité générale. Ils se meuvent à l'aide des pieds ambulacraires et possèdent un appareil circulatoire spécial qui, il est vrai, communique presque toujours avec l'extérieur. Leur symétrie est rayonnée.

SECOND TYPE DE STRUCTURE DES MÉTAZOAIRES

LES ARTIOZOAIRES

Nous avons exposé précédemment les caractères généraux des *Artiozoaires*. Les animaux qui présentent ce type de structure se subdivisent en sept embranchements différents dont nous allons étudier successivement les caractères. Ce sont les *Bryozoaires*, les *Vers*, les *Arthropodes*, les *Mollusques*, les *Brachiopodes*, les *Protochordés* et les *Vertébrés*.

PREMIER EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

BRYOZOAIRES

Les Bryozoaires sont des animaux de petite taille qui habitent la mer et les eaux douces, et qui vivent en petites colonies dont l'aspect rappelle quelquefois celui des mousses, ce qui leur a valu leur nom (*bruon*, mousse).

Les colonies se forment par bourgeonnement et ressemblent souvent à des Hydraires; chaque individu est d'ailleurs désigné sous le nom de *polype* comme chez ces derniers (fig. 340).

Mais l'organisation interne du polype de Bryozoaire est essentiellement différente de celle d'un hydraire : il habite une loge ou *zoécie* souvent calcaifiée et jamais subdivisée en compartiments secondaires (Ek, fig. 340).

Son *tube digestif* n'est pas terminé en cul-de-sac comme celui des Cœlentérés; il est recourbé en U et ouvert à ses deux bouts, avec œsophage *oe*, estomac *Mg* et intestin différenciés. Un cordon charnu ou *funicule*, fixé au fond de la loge, s'attache à l'estomac qui occupe la courbe de l'U et le retient en place (fig. 340).

Le polype porte à sa partie antérieure une couronne de tentacules ciliés qui peut s'épanouir ou se rétracter dans la loge. La bouche s'ouvre à son centre et le courant d'eau qu'elle détermine sert à la fois à la respiration et à l'apport des particules nutritives.

L'anus, qui termine la seconde branche du tube digestif, s'ouvre tout à fait au voisinage de la bouche, soit en dedans, soit en dehors de la couronne de tentacules (A, fig. 340).

Le *système nerveux* est représenté tout simplement par un ganglion nerveux *g* situé entre la bouche et l'anus.

Enfin il existe deux organes excréteurs ou *néphridies* qui s'ouvrent d'une part dans la cavité générale et d'autre part à l'extérieur, par un orifice commun.

Le corps étant formé d'un seul segment ou *méride*, on dit pour cela que les Bryozoaires sont des *Monomérides*.

Les Bryozoaires se reproduisent par œufs; mais les individus en forment également d'autres par bourgeonnement et arrivent à constituer des colonies parfois très étendues; certaines espèces ont des loges calcaires et forment des petites plaques pierreuses, criblées de petits trous, qui représentent autant de loges de polypiers.

Une autre particularité intéressante des Bryozoaires, c'est la faculté qu'ils possèdent de se détruire à peu près complètement à certaines époques et de se régénérer ensuite: les tentacules et le tube digestif meurent, se désagrègent et se réduisent à une petite masse brune (corps brun) qui reste au fond de la loge; puis le *funicule* bourgeonne et engendre un nouveau polypier; c'est une sorte de régénération partielle qui s'opère de la sorte.

Beaucoup de Bryozoaires sont marins: les *Membranipora* forment des croûtes minces sur les fucus; — les *Flustres* ont la forme de lames foliacées, etc.

Quelques espèces vivent dans les eaux douces et ont leur couronne de tentacules en forme de fer à cheval; telles sont les *Plumatelles* (fig. 340) et les *Cristatelles*; les colonies de cette dernière espèce se déplacent lentement en rampant sur les herbes et les pierres. Les Bryozoaires d'eau douce se reproduisent non seulement par des œufs et par des bourgeons, mais encore par des sortes de bourgeons dormants appelés *statoblastes* (St, fig. 340). Ce sont des petites masses cellulaires en forme de lentille, munies d'une coque résistante, qui sont mises en liberté à l'automne, flottent dans l'eau et engendrent de nouvelles colonies au printemps suivant.

En résumé, les Bryozoaires sont des animaux toujours fixés, formant des colonies encroûtantes ou arborescentes comme les colonies d'Hydrides, mais différant essentiellement de ces dernières par un tube digestif ouvert à ses deux bouts et par deux organes excréteurs.

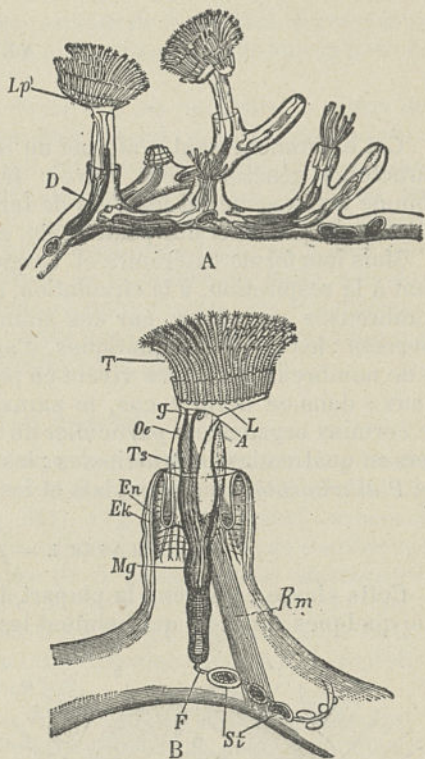


Fig. 340. — Bryozoaires (Plumatelle).

A, fragment de colonie. — Lp, couronne de tentacules. — D, tube digestif. — B, individu isolé. — L, disque portant les tentacules T. — La partie Ts peut rentrer dans la loge EK. — Oe, œsophage. — Mg, estomac. — Rm, muscle rétracteur. — F, funicule. — St, statoblastes. — g, ganglion nerveux. — A, l'anus.

SECOND EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

VERS

Cet embranchement renferme un très grand nombre de formes dont les caractères généraux sont d'avoir *le corps formé d'anneaux successifs*, comme les Sangsues et les Vers de terre, d'être *dépourvus de membres articulés* et de posséder une peau molle, *sans aucune formation calcaire*.

Mais leur forme extérieure et l'organisation des différents appareils servant à la respiration, à la circulation, à la digestion, etc., présentent d'assez nombreuses variations, car ces animaux vivent dans des conditions très diverses : les uns sont aquatiques, d'autres vivent dans le sol (Ver de terre), et de nombreuses espèces vivent en parasites dans le corps de certains animaux ; dans ce dernier cas, le parasitisme amène toujours la régression de certains organes, en particulier du tube digestif. Aussi peut-on diviser les Vers en quatre classes principales : les *Annélides*, les *Hirudinées* (sangsue), les *Plathelminthes* ou Vers plats et les *Némathelminthes* ou Vers ronds.

CLASSE I. — ANNÉLIDES

Cette classe comprend la plupart des Vers qui vivent dans la mer, ainsi que quelques espèces qui habitent les eaux douces ou même dans le sol (Ver de terre).

Ce sont les plus typiques des Vers, car leur corps est toujours formé de segments ou *métamères* placés en file les uns derrière les autres ; on en compte quelquefois plusieurs centaines (7 à 800 chez l'Eunice).

Chez les espèces marines, le premier segment constitue toujours la tête sur laquelle sont fixés les yeux, en nombre variable ; il porte à sa partie dorsale des *tentacules* et à sa face ventrale des *palpes labiaux*, qui sont autant de prolongements filiformes servant d'organes sensoriels (fig. 345, *Autolyte*).

Les segments qui suivent portent chacun latéralement, ainsi que le montre la figure 341, une paire de prolongements charnus P appelés les *parapodes*, qui sont eux-mêmes le plus souvent subdivisés chacun en deux lobes ou rames, une dorsale et une ven-

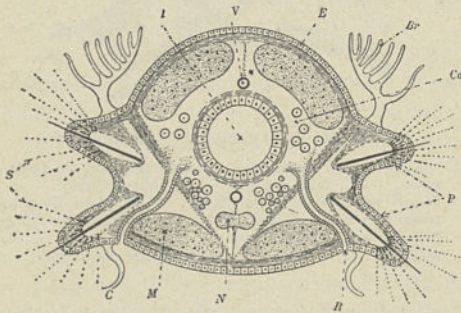


Fig. 341. — Coupe transversale d'une Annélide (schéma). (R. PERRIER, *Zoologie*.)

E, épiderme. — P, parapode divisé en deux lobes portant des soies S et un acicule. — Br, branchies. — C, cirre. — M, muscles longitudinaux en dehors des muscles circulaires. I, intestin. — V, vaisseau dorsal. — N, système nerveux. — R, néphridies s'ouvrant dans la cavité générale Cœ et à l'extérieur.

trale ; enfin chaque lobe porte un bouquet de cils *Sh* longs et rigides, de nature *chilineuse*, que l'on appelle des *soies*. A cause de la présence de ces très nombreuses soies, les espèces marines forment l'ordre des *Polychètes* (*polus*, beaucoup ; *kaite*, soies).

Les anneaux peuvent encore porter des petits prolongements *C* qui sont le siège du tact et que l'on appelle des *cirres*, ou bien encore des excroissances *Br* soit simples, soit ramifiées qui servent de *branchies*. Au centre de chaque lobe se trouve une soie beaucoup plus grosse que les autres pour lui servir de soutien : c'est l'*acicule*.

Les Annélides terrestres ou d'eau douce ont au contraire le corps dépourvu de tout appendice ; elles ne possèdent ni yeux, ni tentacules, ni parapodes ; elles ont seulement des soies qui sont implantées directement dans les téguments et qui ne forment généralement que quatre faisceaux par anneau, deux dorsaux et deux ventraux : chacun d'eux ne compte que deux soies chez le Ver de terre. A cause du petit nombre de leurs soies, ces espèces forment l'ordre des *Oligochètes* (*oligos*, peu nombreux ; *kaite*, soies).

La classe des Annélides se divise donc en deux ordres : les *Polychètes* et les *Oligochètes*. On l'appelle encore la classe des *Chétopodes*, terme qui rappelle l'existence des soies servant de pieds (*pous*, *podos*, pied).

1^{er} ORDRE. — Les Polychètes.

Les Polychètes possèdent comme tous les Vers une cavité générale semblable à celle des Echinodermes, c'est-à-dire un espace entre le tube digestif et les parois du corps (*Cœ*, fig. 341). Ces dernières sont formées de trois parties : un *épiderme* simple et cylindrique *E* renfermant de nombreuses cellules glandulaires ; un *derme* conjonctif et deux *couches musculaires*, l'une circulaire et l'autre longitudinale *M* ; celle-ci est formée de quatre larges rubans qui s'étendent d'un bout à l'autre du corps, deux à la face dorsale et deux à la face ventrale. Tous ces muscles servent à la reptation et sont représentés sur les figures 341 et 343.

Chaque anneau porte, comme nous l'avons déjà dit, deux parapodes *P* et des soies *S*, accompagnés souvent de cirres tactiles *C* et de branchies *Br*.

La cavité générale est divisée, comme le montre la figure 342, en compartiments ou *zoönites* correspondant exactement aux anneaux de la surface du corps, par des cloisons transversales ou *dissépiments* qui, il est vrai, se résorbent plus ou moins complètement chez certaines espèces. Tous ces compartiments sont remplis d'un liquide incolore ou *lymphe* dans lequel nagent beaucoup de globules amiboïdes.

La même cavité générale présente la particularité de communiquer avec l'extérieur par de nombreux tubes ciliés que l'on appelle des *néphridies* parce qu'ils jouent un rôle d'excrétion (*R*, fig. 341 et 342). C'est également par eux que les œufs s'échappent à l'extérieur. Comme ils se répètent régulièrement deux par deux dans chaque segment, on les appelle encore des *organes segmentaires*.

Chacun d'eux débute par une sorte d'entonnoir cilié, béant dans l'intérieur du segment et se continuant par un petit tube qui va s'ouvrir à la surface externe du segment suivant, au voisinage du parapode.

L'*appareil digestif* est toujours un tube ouvert à ses deux bouts et s'étendant d'une extrémité à l'autre du corps (fig. 342). Il est étranglé au niveau

des dissépinements et paraît, par suite, formé d'une série de renflements successifs qui, parfois, se dilatent beaucoup latéralement et forment de longs cæcums latéraux.

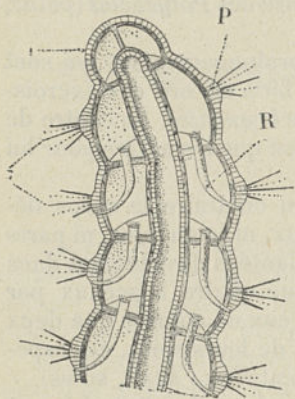


Fig. 342. — Coupe d'une Annelide dans le sens de sa longueur pour montrer les dissépinements qui séparent les segments.

1, tête. — P, parapode. — R, néphridie. — S, bouquets de soies. — Au milieu, le tube digestif continu (Zoologie, R. PERRIN).

veineux et artériels (Br, fig. 341).

Chez les Polychètes errantes, elles se trouvent sur un plus ou moins grand nombre d'anneaux (*branchies dorsales*); presque tous en sont pourvus chez les Eunices. Mais elles manquent chez certaines espèces (*Néréis, Syllis*) qui respirent uniquement par la peau.

Chez les espèces sédentaires, elles se localisent à la partie antérieure du corps, qui est la seule région qui soit en contact direct avec l'eau et elles forment une sorte de panache autour de la tête (*branchies céphaliques*) comme chez les Serpules (fig. 345). Toutefois cette règle n'est pas absolue, et l'*Arénicole des pêcheurs* par exemple, qui habite dans un tube en U, en possède sous la forme de touffes sur toute la région moyenne du corps, qui reste cependant toujours abritée dans le tube (fig. 345).

Le système circulatoire comprend le plus souvent deux grands vaisseaux

Les Annelides que l'on qualifie d'*errantes* parce qu'elles vont à la recherche de leur nourriture en se déplaçant à l'aide de leurs parapodes et de leurs soies, sont généralement carnassières; elles possèdent à la partie antérieure de leur tube digestif une sorte de *trompe* qu'elles peuvent projeter en avant pour saisir la nourriture, ou bien faire rentrer comme dans un étui où elle devient alors invisible. Elle est armée de nombreuses dents de chitine qui servent à la mastication.

D'autres Annelides, que l'on appelle les *sédentaires* parce qu'elles restent enfermées dans des tubes membraneux ou calcaires, sont obligées de se contenter des particules alimentaires que l'eau amène à leur contact et par suite ne possèdent pas d'appareil masticateur.

L'*appareil respiratoire* consiste en branchies, qui ne sont que des prolongements simples ou ramifiés de la peau en forme de peigne, de houppes, etc., qui s'agitent dans l'eau ambiante et dans lesquels circulent des petits conduits

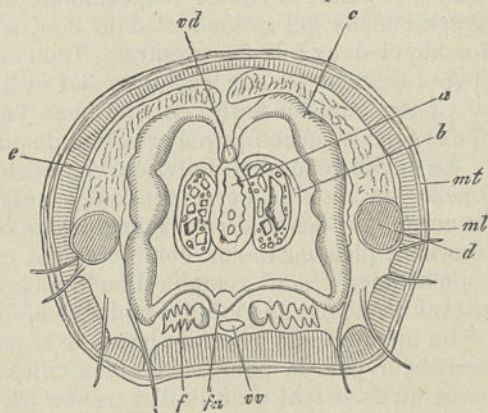


Fig. 343. — Autre coupe transversale d'un Ver pour montrer le système circulatoire.

vd et fv, coupes du vaisseau dorsal et du vaisseau ventral; ils sont réunis par des anses latérales et contractiles, telles que c. — mt, muscles circulaires. — ml, les longitudinaux. — a, tube digestif. — vv, cordon nerveux.

étendus d'un bout à l'autre du corps, à savoir : *vaisseau dorsal* (vd, fig. 343) dont les parois sont généralement contractiles et chassent le sang d'arrière en avant, et un *vaisseau ventral* (fn, fig. 343) dans lequel le sang circule en sens inverse.

De plus des anses circulaires (c, fig. 344) disposées régulièrement par chaque segment, mettent en relation les deux vaisseaux précédents et envoient elles-mêmes de nombreuses ramifications aux parapodes, aux branchies et aux organes internes. Leurs parois se contractent pour assurer la circulation et remplissent l'office du cœur qui manque.

A remarquer que cet appareil vasculaire, contrairement à celui des Echinodermes, est complètement clos, sans communication avec la lymphe qui remplit la cavité générale ; il renferme du sang coloré soit en rouge par de l'hémoglobine dissoute dans le plasma, soit en vert par une substance azotée voisine de l'hémoglobine et appelée la *chlorocrurine* (Serpule, Sabelle).

Le système nerveux est essentiellement constitué par deux longs nerfs distincts (Ch, fig. 344) ou très rapprochés l'un de l'autre (N, fig. 341) et s'éten-

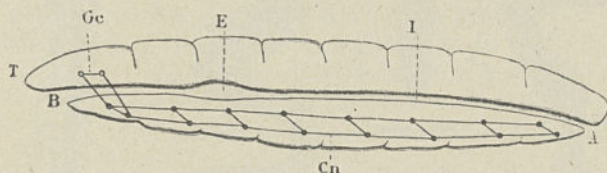


Fig. 344. — Schéma du système nerveux d'un ver.

T, tête. — A, B, tube digestif étendu d'un bout du corps à l'autre. — E, estomac. — I, intestin. — Ch, double chaîne nerveuse ventrale avec, en avant, son collier œsophagien et ses ganglions cérébroïdes Ge.

dant d'un bout à l'autre du corps sous l'intestin, près du tégument ventral. Sur leur trajet ils portent des renflements ou *ganglions* répartis très régulièrement par paire dans chaque anneau ; ceux d'une même paire sont accolés ou réunis par un fin cordon nerveux ou commissure, de telle sorte que l'ensemble du système à la forme d'une échelle (fig. 344).

Toutefois les deux ganglions du premier anneau, c'est-à-dire de la tête, (Ge, fig. 344) ne sont pas placés ventralement comme les autres ; ils sont situés au-dessus de l'œsophage et sont désignés sous le nom de *ganglions sus-œsophagiens* ou encore de *ganglions cérébroïdes* parce qu'ils rappellent le cerveau des Vertébrés en innervant les yeux et les antennes. A ce même niveau, la chaîne nerveuse ventrale écarte ses deux moitiés, qui remontent en embrassant l'œsophage pour aller rejoindre les deux ganglions cérébroïdes ; l'anneau qu'elle forme ainsi s'appelle le *collier œsophagien*.

Le système nerveux se trouve ainsi comprendre au total deux *ganglions cérébroïdes*, un *collier œsophagien* et une *double chaîne ventrale* pourvue sur son trajet d'une paire de ganglions par anneau.

Principales espèces (fig. 345). — Les Polychètes comprennent comme nous l'avons déjà dit, des formes *errantes* et des formes *sédentaires*.

Les premières sont communes sur nos côtes où on les trouve à mer basse enfoncées dans le sable ou bien dans les fentes des rochers ; elles en sortent pour chercher leur nourriture et sont carnassières (*Eunice*, *Néréis*, *Polynoë*, *Aphrodite*, etc.).

Les sédentaires vivent fixées dans un tube qu'elles se secrètent, ne sortant que la partie antérieure du corps qui est généralement entourée d'un panache de branchies. On les appelle encore les *Tubicoles*. Telles sont les *Sabelles* qui ont un tube membraneux ; les *Térébelles* dont le tube est formé de sable agglutiné ; les *Serpules* qui habitent des tubes calcaires se soudant

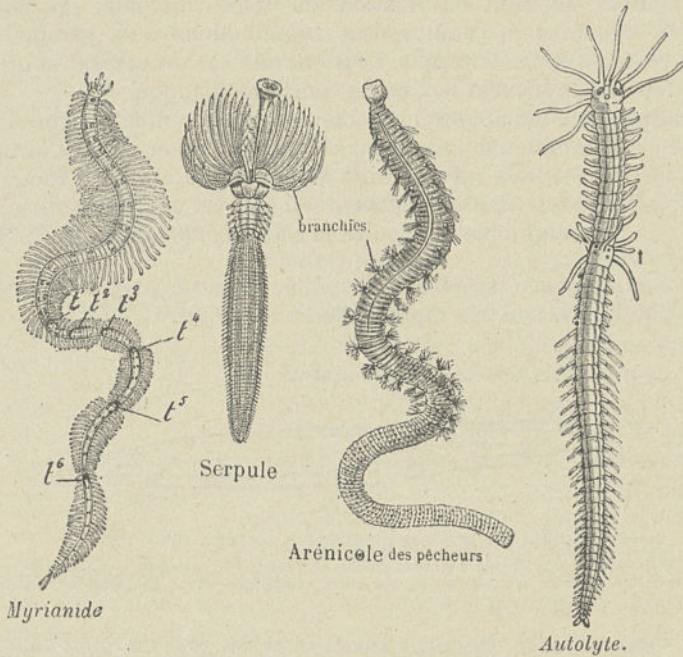


Fig. 345. — Annélides diverses.

I, *Myriamide* avec les anneaux postérieurs développés en une chaîne de six jeunes individus dont les têtes sont $t^1, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6$. — II, *Serpule* retirée de son tube calcaire. — III, *Arénicole* avec ses branchies sur la partie moyenne du corps. — IV, *Autolyte* dont le corps est en train de se partager en deux individus dont les têtes sont en t et t' .

en petits massifs (fig. 345) ; l'*Arénicole des pêcheurs* qui vit dans un tube membraneux en forme d'U (fig. 345), etc.

2^e ORDRE. — Oligochètes.

Le type de ce groupe est le *Lombric* ou Ver de terre. Son corps peut compter jusqu'à 200 anneaux qui se ressemblent presque tous ; mais la tête n'est pas distincte et ne porte aucun appendice, ni antennes, ni yeux (fig. 346).

Le reste du corps est également dépourvu de parapodes ; on trouve seulement quatre paires de soies courtes par anneau, placées deux à la face dorsale et deux à la face ventrale.

Le reste de l'organisation générale rappelle de très près celle des *Polychètes* en ce qui concerne notamment la circulation, les organes segmentaires et le système nerveux. Notons seulement que les branchies manquent et que la respiration est exclusivement cutanée.

Tous vivent dans le sol ou les eaux douces. Citons : le *Lombric* ou Ver de

terre dont il existe plusieurs espèces et qui se nourrissent en avalant de la terre dans laquelle le tube digestif choisit les substances nutritives ; ils contribuent à l'ameublissement du sol par les nombreuses galeries qu'ils y creusent ; certains Vers de terre exotiques atteignent un mètre de longueur ; — les petits vers rouges ou *Tubifex* qui vivent dans la vase en laissant sortir leur extrémité caudale et qui sont utilisés par les pêcheurs à la ligne ; — les *Naïs* qui vivent également dans les mares, mais sont transparentes et remarquables par leur propriété de se reproduire en bourgeonnant.

CLASSE II. — HIRUDINÉES

Cette classe comprend les différentes espèces de *Sangsues*, dont la plupart vivent dans les eaux douces en s'attachant aux poissons et aux mollusques ; quelques espèces vivent dans la mer, sur les Raies et les Torpilles ; la sangsue ordinaire ou *médicinale* se contente du sang des Vertébrés à sang froid quand elle est jeune, et à l'état adulte elle s'attaque seulement aux Oiseaux et aux Mammifères. Aux Indes et dans la Malaisie, il y en a une espèce qui vit sur les arbres et s'attache aux Mammifères qui passent.



Fig. 346. — Extérieur du lombric.

a, son extrémité céphalique.

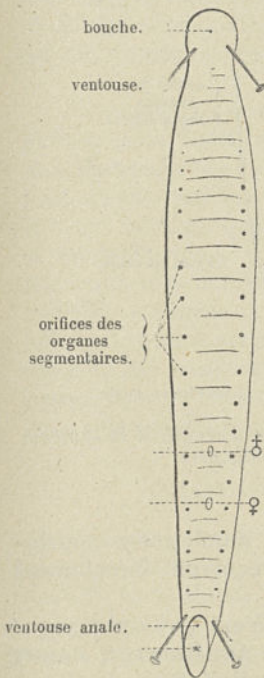


Fig. 347. — Sangsue médicinale face ventrale. Les lignes transversales marquent la segmentation interne.

Les soies et les parapodes font défaut ; à la place, il y a deux ventouses, une à chaque extrémité du corps (fig. 347) ; c'est avec elles que les sangsues s'attachent à leur proie et qu'elles se déplacent. Pour marcher elles les fixent toutes les deux, le corps étendu ; puis elles rapprochent la postérieure de l'autre et arpentent ; elles nagent aussi par les ondulations de leur corps.

Résumons leur organisation en prenant comme exemple la Sangsue ordinaire.

Le corps est toujours formé de nombreux anneaux ; la Sangsue ordinaire en compte 101 ; mais sa cavité générale n'est divisée qu'en 26 segments ou *zoonites* successifs, ce qui fait que la segmentation de l'intérieur ne correspond pas à celle de la peau (fig. 347). Il y a de plus cette particularité que les cavités des différents zoonites sont presque complètement remplies par du tissu conjonctif, et qu'elles sont réduites à une petite lacune *ventrale* formant un tube étroit qui s'étend d'un bout à l'autre du corps et dans lequel est logée la chaîne nerveuse.

Le *tube digestif* (fig. 348) commence par la bouche qui est située au centre de la ventouse antérieure et qui est armée de trois pièces dentelées et chitineuses servant de mâchoires, à l'aide desquelles la sangsue entame la peau de son hôte. Puis

le tube se continue en droite ligne, en présentant sur son parcours 11 paires de poches dans lesquelles s'accumule le sang à mesure qu'il est absorbé par la sangsue ; les deux dernières ont la forme de deux longs cæcums qui s'étendent parallèlement au rectum. L'anus s'ouvre un peu au-dessus de la ventouse postérieure.

La *respiration* se fait uniquement à travers la peau, car les branchies font totalement défaut.

L'*appareil circulatoire* comprend trois longs vaisseaux qui s'étendent d'une extrémité à l'autre du corps ; l'un s'étend tout le long du dos, les

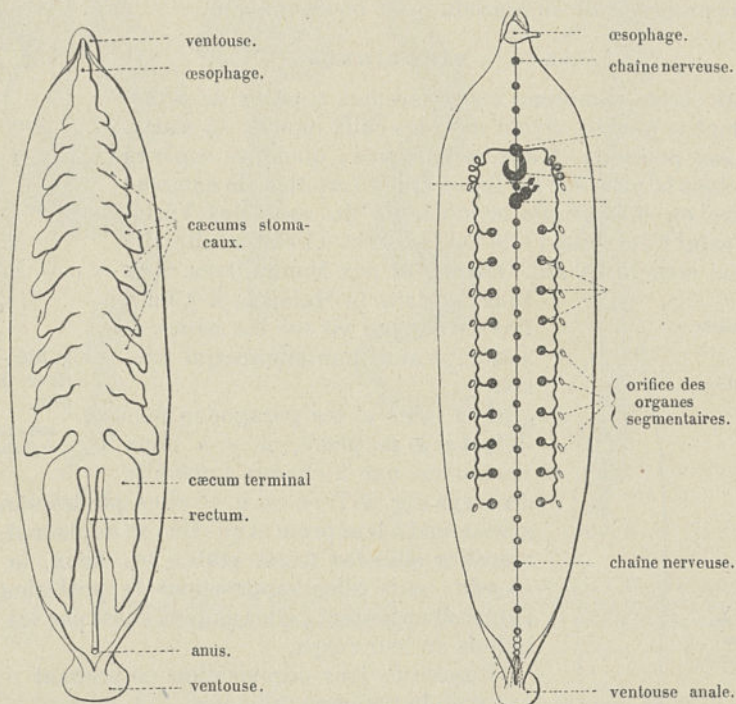


Fig. 348. — Tube digestif gonflé par l'injection de suif. Fig. 349. — Chaîne nerveuse de la sangsue médicinale.

L'animal est ouvert par la face dorsale.

deux autres sont latéraux ; ils sont reliés par de très nombreuses anastomoses latérales qui courent sous les téguments et reçoivent directement l'oxygène qui arrive à travers la peau.

Mais il est à noter que ce système circulatoire n'est pas uniquement formé de vaisseaux complètement clos comme chez les Annélides ; *il s'ouvre dans la cavité générale* par le vaisseau dorsal qui, au lieu de se continuer en avant et en arrière par des capillaires, débouche dans la lacune ventrale, reste de la cavité générale dont nous avons déjà parlé. Cette lacune est d'ailleurs très étroite et joue le rôle d'un véritable vaisseau ventral.

Les *organes segmentaires* ou *néphridies* sont au nombre de 17 paires et sont situés dans la région moyenne du corps (du 7^e au 23^e segment interne) ; ils s'ouvrent à la face ventrale (fig. 347 et 349).

Le système nerveux a la même disposition que chez les Annélides ; il consiste en une longue chaîne nerveuse ventrale sur le trajet de laquelle on trouve une paire de ganglions par anneau. Cette chaîne est en réalité formée de deux filets nerveux intimement adjacents, et les deux ganglions de chaque anneau sont de même étroitement accolés l'un à l'autre. On trouve au total (fig. 349) :

1° Deux ganglions cérébroïdes desquels se détachent des filets qui vont à une dizaine de petites taches oculaires situées sur le bord de la ventouse antérieure ;

2° Une première masse ganglionnaire ventrale située au-dessous de l'œsophage et reliée aux ganglions cérébroïdes par un collier œsophagien ; elle est, en réalité, formée de 5 paires de ganglions soudés ;

3° La chaîne nerveuse ventrale formée de vingt et une paires de ganglions et terminée par une grosse masse anale qui résulte de la fusion de 7 paires de ganglions. Ce qui porte à 33 le nombre total des paires de ganglions de la chaîne ventrale. Rappelons que cette dernière est logée tout entière dans la lacune ou vaisseau ventral, et qu'elle se trouve au contact direct du sang, qui est de couleur rouge.

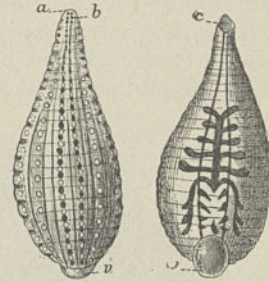


Fig. 350. — Clepsine.

Vue par la face ventrale à droite, et par la face dorsale à gauche. — a, b, extrémité céphalique. — c, ventouse anale. — c, ventouse buccale.

Principales espèces : la *Sangsue ordinaire* ou *Hirudo medicinalis* qui s'attaque aux Oiseaux et aux Mammifères ; — la *Sangsue du cheval* qui ne peut qu'entamer les muqueuses et pénètre quelquefois dans la narine des chevaux pendant qu'ils boivent ; — une autre espèce vit sur les grenouilles et les Mollusques. — La *Clepsine* (fig. 350) vit sous les pierres dans les ruisseaux et se nourrit de *Cyclas* (petits mollusques) ; elle n'a que deux centimètres. — Plusieurs espèces de Poissons, les carpes, les raies, les torpilles, etc., sont attaquées par des espèces particulières de sangsues ; mais ces dernières ont toujours le sang incolore, et au lieu d'une ventouse antérieure, elles possèdent une trompe protractile qu'elles étendent en avant pour saisir leur proie.

CLASSE III. — VERS PLATS OU PLATHELMINTHES

La plupart de ces Vers, tels que les Douves du foie et les Ténias, vivent en parasites dans le corps d'autres animaux où ils puisent des éléments nutritifs tout élaborés ; il en résulte que chez eux les organes de la vie végétative étant inutiles, sont nuls ou très peu développés : c'est ainsi que les appareils de la circulation et de la respiration n'existent jamais ; le tube digestif fait totalement défaut chez les Ténias, et chez les espèces où il existe, il est toujours dépourvu d'anus. La chaîne nerveuse elle-même s'atrophie et il ne reste que les ganglions cérébroïdes.

Le corps est aplati et la cavité générale est complètement comblée par du tissu conjonctif.

Cette classe se subdivise en deux ordres, les *Trématodes* et les *Cestodes*.

Les Trématodes sont des Vers plats toujours de petite taille, qui vivent en parasites soit à la surface du corps, soit à l'intérieur des organes.

Certains d'entre eux se fixent sur les branchies des Vertébrés à sang froid (poissons, têtards de grenouilles) et des Crustacés, ou bien encore pénètrent dans la bouche de ces animaux, mais jamais plus loin ; ce sont des parasites externes.

Toutes ces espèces possèdent deux ventouses à la partie antérieure du corps et souvent cinq ou six autres à la partie postérieure ; on les qualifie pour cela de *Polystomiens* (*polus*, plusieurs ; *stoma*, bouche) (fig. 351).

Il y en a d'autres espèces qui ne possèdent que deux ventouses, l'une en avant et l'autre plus ou moins loin en arrière : ce sont les *Distomiens* (*dis*, deux ; *stoma*, bouche) dont les principaux représentants sont les *Douves*, qui

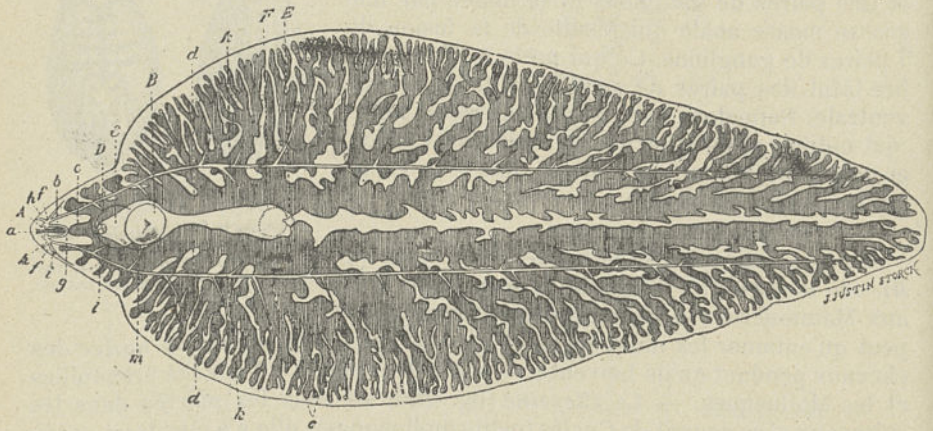


Fig. 351. — Douve du foie (*Fasciola hepatica*).

Le tube digestif est tout ce qui est représenté en noir. — A la suite du pharynx *b* il se divise en deux branches terminées en cul-de-sac et considérablement ramifiées. — A, ventouse buccale. — B, ventouse abdominale. — K, K, (les deux traits blancs), cordons nerveux latéraux.

vivent dans le foie des herbivores et principalement dans les canaux biliaires du mouton ; elles occasionnent souvent une mortalité considérable chez ces derniers animaux.

Ce qui fait l'intérêt biologique des Distomiens c'est que, dans le cours de leur évolution, ils passent par des phases très différentes les unes des autres, s'accomplissant successivement dans le corps de plusieurs animaux d'espèces distinctes.

Pour préciser, nous prendrons comme exemple la *Douve du foie* du mouton. Elle atteint de 3 à 4 centimètres et a la forme d'une petite lame aplatie et lancéolée qui n'est pas segmentée ; on la regarde comme l'équivalent d'un des anneaux du corps des Ténias.

La bouche s'ouvre au fond de la ventouse antérieure B (fig. 351) ; elle se continue par un pharynx très court *b* qui se divise presque aussitôt en deux branches s'étendant jusqu'à l'extrémité du corps et représentant l'intestin.

Ces deux branches sont considérablement ramifiées et se terminent en cul-de-sac ; l'anus fait toujours défaut.

L'évolution de la Douve passe par trois phases différentes, qui s'accomplissent chez deux hôtes distincts et que représente la figure 352.

1° L'adulte vit dans les canaux biliaires du mouton et même du bœuf; ses œufs sont expulsés au dehors en même temps que les excréments et se développent dans l'eau; ils engendrent autant d'*embryons ciliés* (1 fig. 352), sortes de petits vers en forme de toupie dont la partie élargie porte un petit

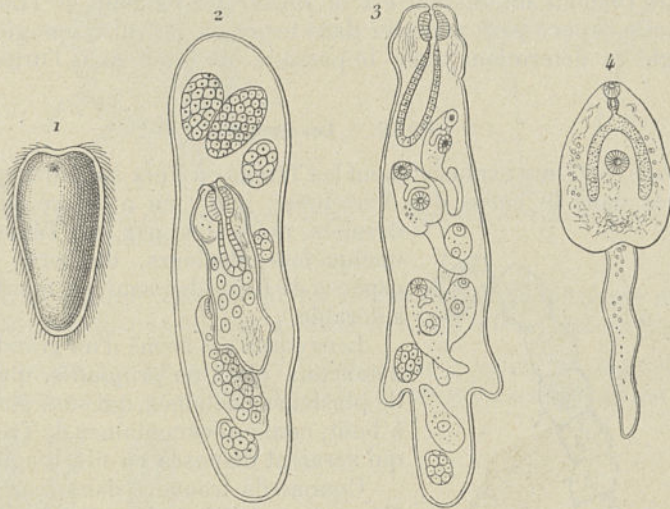


Fig. 352. — Formes larvaires des Distomes.

1, Embryon cilié. — 2, sac à Rédies (*sporocyste*). — 3, une Rédie isolée avec son tube digestif terminé en cul-de-sac et sa cavité remplie de Cercaires. — 4, Cercaire.

bec ou rostre, et dont tout le corps est couvert de cils vibratiles à l'aide desquels ils nagent;

2° Au bout de sept à huit heures, l'embryon meurt, à moins que le hasard ne l'amène au contact d'une Linnée, petit mollusque d'eau douce. Il perce alors les téguments de son hôte à l'aide de son rostre et pénètre peu à peu dans l'intérieur de son corps, tout en perdant ses cils vibratiles.

Il se transforme alors en un petit sac irrégulier, appelé le *sporocyste* (2, fig. 352) dans l'intérieur duquel il se développe non pas des Douves, mais d'autres embryons de forme nouvelle appelés les *Rédies* (du nom du naturaliste italien Rédi qui les a découverts). Ces Rédies ont un corps cylindrique avec une bouche et un tube digestif en forme de simple cul-de-sac. Elles percent la paroi du sporocyste et émigrent dans les différentes parties du corps de la Linnée, particulièrement dans le foie.

3° Dans l'intérieur de la Rédie (3, fig. 352), il se forme bientôt encore une nouvelle espèce d'embryons différents des deux catégories précédentes et appelés les *Cercaires*, parce qu'ils portent une longue queue à leur extrémité postérieure (*kerkas*, queue) (4, fig. 352).

Pour le reste, ils ressemblent beaucoup à des Douves, car ils possèdent comme ces dernières deux ventouses, un intestin bifurqué et un appareil excréteur.

4° Enfin, la Cércaire s'échappe de la Rédie par un orifice spécial, quitte le corps de la Limnée en se servant de sa queue et de ses ventouses, et arrive dans l'eau où elle nage quelque temps. Puis ces formes libres se tissent une sorte de cocon qu'elles attachent aux herbes du bord de l'eau et dans lequel elles s'enkystent. Si un mouton vient à avaler ce cocon, il se dissout dans le tube digestif et il en sort une petite Douve qui n'a plus de queue, et qui va se fixer dans les canaux biliaires de son hôte.

Un autre Distome intéressant est la *Bilharzie*, parasite de l'homme en Égypte. Cette espèce peut pénétrer dans les reins, détruire les glomérules de Malpighi et déterminer ainsi le passage du sang dans l'urine (*hématurie*).

2° ORDRE. — Les Cestodes.

Ce groupe renferme exclusivement les Ténias ou Vers solitaires qui vivent en parasites dans le corps des Vertébrés; il n'y en a guère, parmi ces derniers, qui n'aient pas leur Ténia spécial, quelquefois plusieurs, de sorte que les espèces de Cestodes sont en nombre considérable.

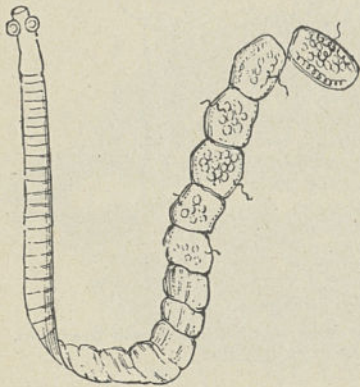


Fig. 353. — Schéma d'un *Tænia solium* adulte dont les anneaux mûrs se détachent.

Leur corps est formé d'un grand nombre d'anneaux plats ou *proglottis*, quelquefois de plusieurs centaines, qui sont placés bout à bout, comme des centaines de Trématodes qui seraient disposés en file longitudinale.

Comme ils trouvent dans leur hôte des éléments nutritifs tout prêts qu'ils absorbent par osmose à travers leurs téguments, ils ne possèdent ni appareil digestif, ni appareil circulatoire, ni appareil respiratoire.

Leur évolution s'accomplit, comme celle des Trématodes, dans le corps de plusieurs animaux différents, et nous prendrons

comme exemple celui qui nous intéresse le plus directement, le *Tænia solium* ou Ver solitaire, qui vit dans l'intestin de l'homme, où il peut s'en trouver plusieurs ensemble contrairement à l'opinion admise dans le public.

1° A l'état adulte, il peut atteindre jusqu'à 5 mètres de longueur et compter de sept à huit cents anneaux ou proglottis; le corps très mince en avant, s'élargit progressivement jusqu'à la partie postérieure. Il débute par un petit renflement appelé le *scolex* et que l'on désigne communément sous le nom de *tête*, mais à tort, parce qu'il ne porte ni bouche, ni yeux, ni rien de ce qui caractérise habituellement la tête d'un animal (fig. 353).

Ce scolex se distingue tout simplement des anneaux suivants parce qu'il porte quatre ventouses et une couronne de fins crochets par lesquels il se fixe à la muqueuse de l'intestin (fig. 354 et 355). De plus il a la propriété de bourgeonner constamment de nouveaux anneaux; tandis que les plus anciens qui se trouvent à l'extrémité opposée du corps, atteignent leur maximum de grandeur et se détachent soit isolément, soit par petits groupes (fig. 353). On dit que ces anneaux ont alors atteint leur maturité, parce qu'à ce moment chacun d'eux n'est qu'un petit sac aplati complètement bourré

d'œufs ; leur forme de graines de citrouille fait encore donner à ces anneaux le nom de *cucurbitains*. Chaque jour il s'en détache quelques-uns qui sont rejetés au dehors avec les excréments.

D'ailleurs les œufs sont déjà développés en embryons au moment de leur

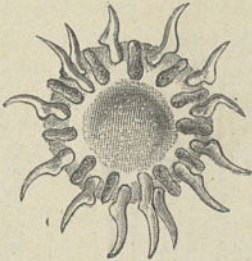


Fig. 354. — Couronne de crochets du *Ténia solium*.



Fig. 355. — Tête du *Ténia solium*.

expulsion, et chaque anneau est en réalité rempli d'embryons dits *hexacanthes* parce qu'ils possèdent six petits crochets à leur surface (E, fig. 357) ;

2° Les porcs, qui ne sont pas difficiles sur le choix de leur nourriture, avalent des anneaux qu'ils trouvent sur le sol ou les embryons qui s'en sont

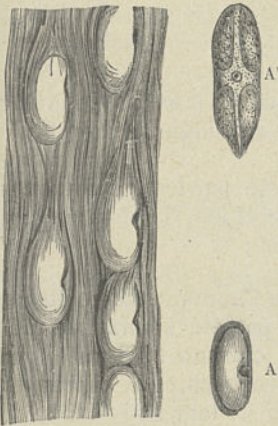


Fig. 356. — Cysticerques du *Ténia solium* dans le tissu musculaire du porc.

A, A', deux cysticerques isolés.

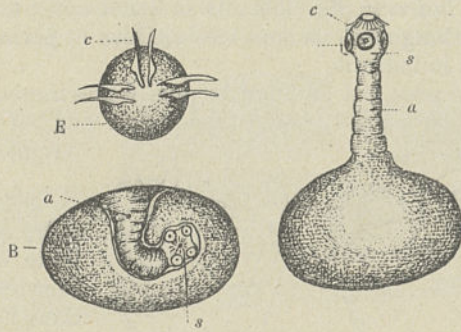


Fig. 357. — *Ténia solium*.

E, embryon hexacanthé. — B, cysticerque entier dans son état naturel. — C, partie antérieure du même fortement grossie et commençant à bourgeonner dans l'intestin de l'homme. — v, ventouses. — c, crochets. — s, scolex. — a, premiers anneaux.

déjà échappés ; une fois que les parois de ces anneaux sont détruites par les sucs digestifs, les embryons, devenus libres, percent la membrane intestinale à l'aide de leurs crochets, suivent les vaisseaux sanguins et s'arrêtent définitivement dans les muscles.

Là ils s'enkystent, c'est-à-dire qu'ils s'enveloppent chacun d'une membrane résistante et prennent ainsi la forme de tout petits pois (A, A', fig. 356 et B fig. 357) à l'intérieur desquels chaque embryon s'allonge en un petit ver qui ne possède encore que sa tête avec des ventouses et une couronne com-

plète de crochets, exactement comme un scolex de *Ténia* adulte. Sous cette nouvelle forme on lui donne le nom de *cysticerque* (*custis*, poche ; *kerkas*, queue) ; il peut rester ainsi à l'état de vie ralentie pendant plusieurs années sans se modifier, après quoi il meurt.

La présence des *cysticerques* dans la chair du porc constitue la maladie

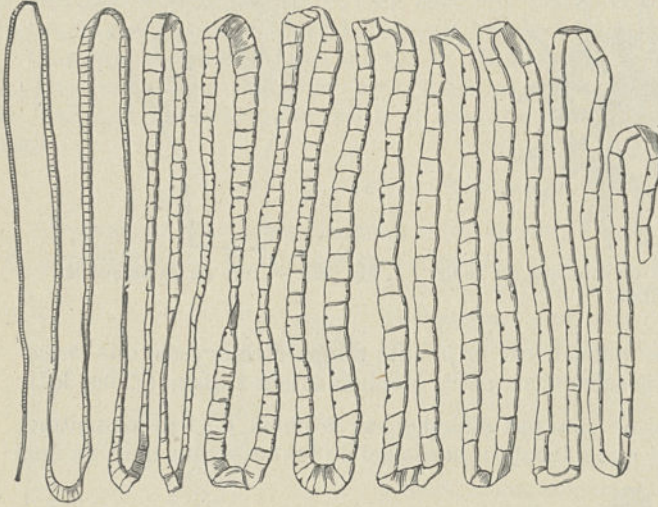


Fig. 358. — *Ténia saginata* ou *mediocanellata*.



Fig. 359.
Tête du *Bothriocéphale* grossie.

de la *ladrerie* (fig. 356) ; ils se fixent aussi assez souvent à la face inférieure de la langue où ils sont très visibles et permettent de diagnostiquer facilement la *ladrerie*.

Le porc est l'animal le plus fréquemment infesté par les *cysticerques* ; mais on a aussi trouvé quelquefois ceux-ci chez le chien, le chat, le chevreuil et le rat ;

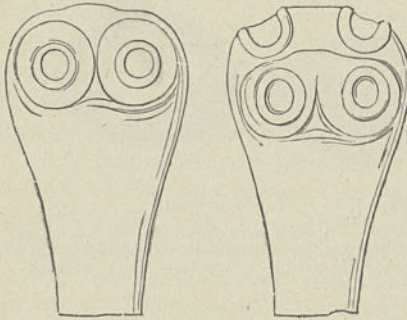


Fig. 360. — Tête du *Ténia saginata*.

3° Lorsque l'homme mange du porc ladre qui n'a pas été soumis au préalable à une cuisson suffisante pour tuer les *cysticerques*, ceux-ci trouvent dans l'intestin de leur nouvel hôte des conditions qui leur conviennent pour reprendre leur développement interrompu. Ils sortent leur scolex de la vésicule (C. fig. 357) et s'attachent à la muqueuse intestinale par leurs crochets *c* et leurs ventouses *v* ; la vésicule est peu à peu dissoute par les liquides

digestifs, tandis que le scolex se met à bourgeonner très rapidement et d'une façon continue pour former un *Ténia* adulte : chaque jour il engendre une douzaine d'anneaux.

On a vu des cas où l'homme avait contracté lui-même la *ladrerie*, c'est-à-dire que des *cysticerques* s'étaient développés dans ses muscles. Il ne serait pas invraisemblable d'attribuer ces accidents à la consommation de

légumes crus qui auraient été arrosés avec du purin ; les anneaux, une fois détachés, sont d'ailleurs capables de remonter dans l'estomac, où ils se dissolvent et mettent en liberté leurs embryons hexacanthes qui vont ensuite s'enkyster dans les muscles.

Principaux Ténias : On en connaît de nombreuses espèces ; la plupart des Vertébrés ont leur Ténia spécial, quelquefois plusieurs ; il y en a même qui vivent dans les poux et les puces du chien. Les principaux sont :

1° Le *Ténia solium* ou Versolaire⁴ dont nous venons d'étudier l'évolution ;

2° Le *Ténia saginata* (fig. 358 et 360) ou *Ténia inerme* ainsi appelé parce qu'il est dépourvu de crochets et ne se fixe qu'à l'aide de ses quatre

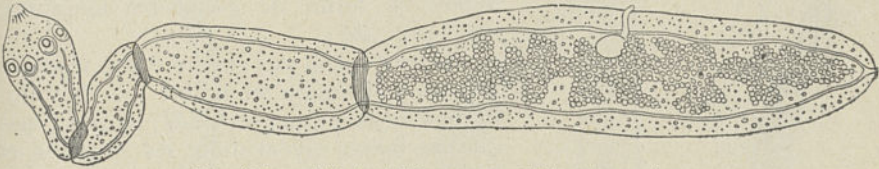


Fig. 361. — Ténia échinocoque adulte et grossi.

ventouses. Ses cysticerques habitent les muscles du bœuf et nous les prenons en mangeant de la viande saignante. Il mesure jusqu'à 9 mètres et compte jusqu'à 1 200 ou 1 300 anneaux, un peu plus longs que ceux du *Ténia solium*. C'est l'espèce la plus commune chez l'homme dans notre pays, après le *Ténia solium*. En Angleterre il est même plus fréquent que ce dernier.

3° Le *Ténia serrata* dont le cysticerque est commun dans le péritoine du Lapin et qui habite l'intestin grêle du Chien à l'état adulte.

4° Le *Ténia échinocoque* (fig. 361), qui passe sa phase de cysticerque

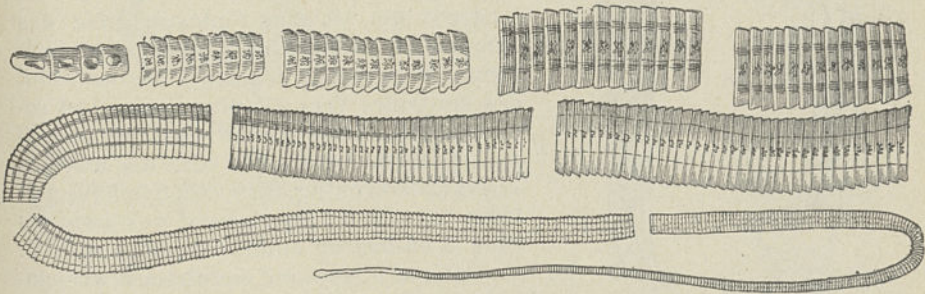


Fig. 362. — Botriocéphale large en grandeur naturelle.

dans les poumons et le foie d'un grand nombre de Mammifères et même de l'homme ; il s'y présente sous la forme d'une poche volumineuse pouvant atteindre le poids maximum de 25 à 30 livres et dans laquelle il se développe un très grand nombre de vésicules plus petites renfermant chacune un *scolex*.

A l'état adulte il vit dans l'intestin du Chien et a la forme d'un tout petit ver ne dépassant pas 3 ou 4 millimètres et comptant seulement trois ou quatre anneaux.

⁴ Terme impropre, parce que plusieurs Ténias peuvent exister simultanément dans l'intestin.

5° Le *Ténia cœnure* vit à l'état adulte chez le Chien (1 mètre de longueur) et à l'état de cysticerque dans le cerveau des Moutons, où il peut atteindre la grosseur d'un œuf de poule. En pressant sur les centres nerveux, il détermine des tournolements convulsifs qui constituent la maladie qui porte le nom de « tournis des moutons ». Il renferme aussi plusieurs scolex.

6° Le *Bothriocéphale large* (fig. 359 et 362) vit également à l'état adulte dans l'intestin de l'homme. C'est le plus long des Cestodes parasites de l'homme ; il atteint 10 et même 15 mètres ; il n'a que deux ventouses en forme de gouttières longitudinales (fig. 362).

On ne connaît pas encore d'une manière précise l'évolution complète de ses embryons hexacanthés et ciliés ; mais on sait que ses larves vivent dans les muscles et les viscères de divers poissons d'eau douce, notamment chez la lotte, le brochet, la truite, etc..., et c'est ce qui explique que le Botriocéphale se trouve surtout dans les pays de lacs, la Suisse française, la Haute-Italie et le littoral de la Baltique.

CLASSE IV. — VERS RONDS OU NÉMATHELMINTHES

Le type le plus commun de ces Vers est l'*Ascaris* qui vit dans l'intestin grêle des enfants. Le corps est cylindrique ou fusiforme, mais jamais segmenté comme celui des véritables Vers. De plus la peau est recouverte d'une membrane résistante en *chitine*, de même nature que celle des Insectes et des Crustacés (fig. 370), ce qui fait que certains auteurs ne les classent pas avec les Vers et en font un embranchement spécial.

Ils n'ont ni appareil circulatoire, ni appareil respiratoire et sous ce rapport ils se rapprochent des Cestodes ; mais ils diffèrent de ces derniers par la présence d'un tube digestif bien développé, ouvert aux deux extrémités du corps, avec une bouche armée de dents chitineuses. Toutefois, comme la peau est absolument lisse, sans la moindre

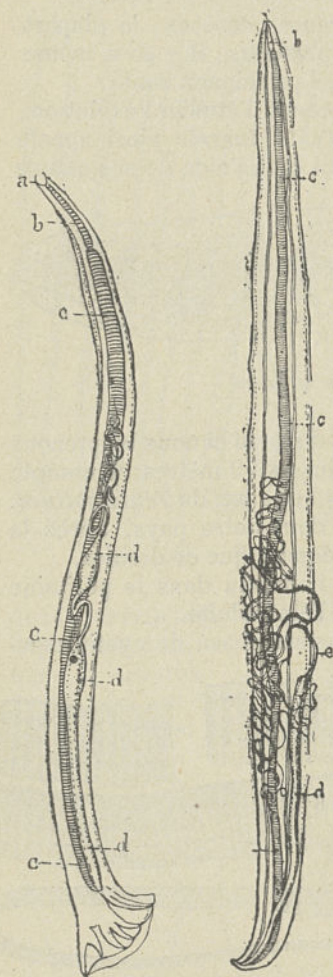


Fig. 363.
Ankylostome.
a, bouche. — b,
œsophage. — c, c,
tube digestif.

Fig. 364. — Ascaride (*Ascaris lumbricoïdes*).
a, bouche. — b, œsophage. — c, c, reste du tube digestif.

trace d'appendices, il est souvent fort difficile de distinguer quelle est l'extrémité qui porte la bouche ou l'anus.

Les conditions dans lesquelles vivent les Nématodes sont très variables.

Certaines espèces sont libres pendant toute leur existence, c'est-à-dire qu'elles ne sont jamais parasites ; elles vivent dans l'eau, dans la terre

humide ou des substances diverses en décomposition. D'autres sont libres dans le jeune âge et parasites à l'état adulte ; il y a des espèces qui sont parasites pendant toute leur vie, et enfin une dernière catégorie comprend des espèces dont l'évolution exige plusieurs hôtes successifs.

Les principaux Nématodes sont : 1° L'*Anguillule* du vinaigre, petit ver de

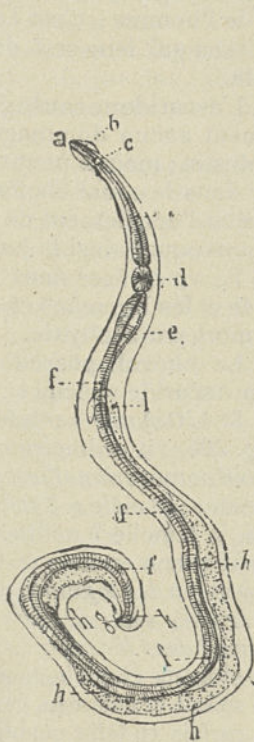


Fig. 365.

(Oxyure. *Oxyuris vermicularis*.)

a, bouche. — c, centre nerveux. — d, renflement de l'œsophage. — e, estomac. — f, f, tube digestif. — g, anus.

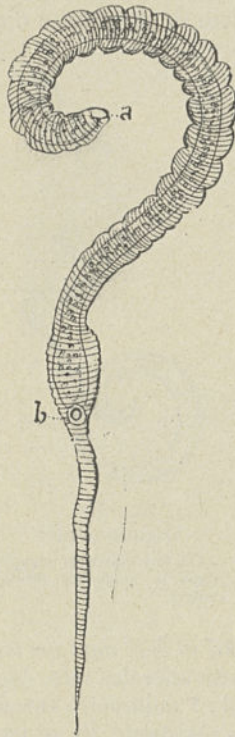


Fig. 366. — Embryon de Filaire de Médecine (*Filaria* ou *Dracunculus medinensis*.)

a, bouche. — b, anus.



Fig. 367.

Trichine déroulée.

a, bouche. — b, pharynx. — c, œsophage. — d, intestin. — e, anus.

2 millimètres que l'on trouve dans le vinaigre où il se nourrit du mycoderme ; mais il ne forme ses œufs que s'il se trouve dans la colle de pâte ;

2° L'*Ankylostome duodénal* (fig. 363), petit ver de 2 centimètres environ dont les œufs se développent dans la terre humide. L'homme avale les larves en même temps que l'eau de boisson, et les adultes se développent dans son intestin. C'est un de nos parasites les plus redoutables, car il suce le sang et détermine une anémie parfois mortelle, connue sous le nom d'*anémie des mineurs* parce que ce sont les potiers et les mineurs qui sont les plus exposés à ses atteintes. Très commun en Egypte, dans toute la région méditerranéenne et dans les bassins houillers ;

3° Le *Trichocephale de l'homme* (T. dispar) (fig. 369) qui atteint 35 centimètres et qui vit dans le cœcum de l'homme ; le corps est formé de deux parties distinctes ; la partie postérieure est renflée, tandis que la partie anté-

rière est très effilée et s'enfonce tout entière dans la muqueuse intestinale ;

4° L'*Ascaride lumbricoïde* (fig. 364) vit principalement dans l'intestin des enfants, où la femelle peut atteindre jusqu'à 40 centimètres ; le mâle est moitié moins long. Chaque femelle peut pondre plusieurs millions d'œufs qui sont expulsés au dehors et se développent dans l'eau ; mais les embryons atteignent à peine 1 millimètre dans ce milieu, et ils ne grandissent que s'ils sont introduits de nouveau dans le tube digestif de l'homme ; c'est l'eau de

boisson qui leur sert de véhicule.

L'ascaride ne cause généralement aucun dommage dans l'intestin ; mais il peut remonter dans le canal cholédoque, arrêter l'écoulement de la bile et provoquer ainsi la jaunisse. On l'a vu arriver dans la trachée et les bronches et causer la mort par asphyxie.

Le cheval possède aussi son *Ascaride* spécial ;

5° L'*Oxyure vermiculaire* (fig. 365) vit ordinairement en grand nombre dans l'intestin de l'homme ; le mâle a 3 millimètres, la femelle 9 millimètres. On le prend en mangeant des fraises ou des légumes qui ont été arrosés avec du purin ;

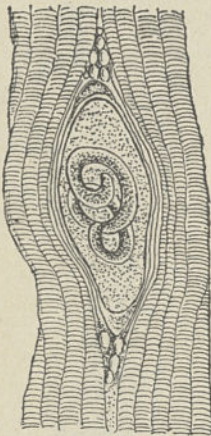


Fig. 368. — Larve de trichine enkystée dans un muscle.



Fig. 369.
Trichocéphale.

(La tête effilée est engagée dans la muqueuse intestinale.)

6° La *Trichine* (fig. 367 et 368) dont les larves vivent dans les muscles de certains animaux, en particulier des rats, des porcs et même chez l'homme. Ce sont des petits vers de 1 millimètre enroulés en spirale et enfermés dans une capsule ovoïde très résistante. Ils se trouvent parfois en telle quantité que la substance musculaire est en partie détruite et incapable de fonctionner : c'est la *trichinose*, maladie parfois mortelle.

La Trichinose est fréquente chez les rongeurs, en particulier chez les rats ; quand le porc mange des cadavres de rats trichinés, les coques des larves sont dissoutes par le suc gastrique et les petits vers mis en liberté. Ils grandissent, atteignent l'état adulte avec une taille de 3 à 4 millimètres et chaque femelle pond, dans l'intestin du porc, plus d'un millier d'œufs qui deviennent autant de petits vers.

Ceux-ci traversent les parois de l'intestin, pénètrent dans les vaisseaux sanguins et s'introduisent en suivant les capillaires jusque dans l'intérieur des muscles, où ils ne tardent pas à s'enkyster (fig. 368).

L'homme peut prendre la Trichine en mangeant de la chair de porc crue ; la trichinose est assez fréquente en Allemagne et en Amérique, où l'on fait une grande consommation de chair de porc seulement salée ou fumée ;

7° Les *Filaires* (fig. 366) ainsi appelées parce que leur corps a la finesse d'un fil. On en connaît de nombreuses espèces parmi lesquelles nous citerons seulement la *Filaire de Médine* et la *Filaire du sang de l'homme*.

La première a la forme d'un fil de 1 mètre de longueur sur 1 millimètre de

diamètre. Elle est très répandue dans les régions tropicales de l'Afrique. Les embryons vivent chez des petits Crustacés d'eau douce, les *Cyclopes*, que l'homme avale probablement à son tour avec l'eau de boisson. C'est chez ce dernier qu'ils atteignent l'état adulte; ils se développent dans le tissu conjonctif, sous la peau, et y déterminent des abcès pouvant atteindre la grosseur d'un œuf et dans lesquels les femelles sont littéralement bourrées de nouveaux embryons.

Les *Filaires du sang de l'homme* comprennent plusieurs espèces qui atteignent une dizaine de centimètres; l'une des principales est la *Filaire de Bancroft*; la forme adulte vit dans les vaisseaux lymphatiques et peut arriver à les obstruer.

Les femelles donnent de nombreux embryons qui passent dans le sang; ils ont l'habitude de se tenir cachés pendant le jour dans les vaisseaux profonds; cette affection s'appelle la *filariose*.

Leur nombre est parfois tel qu'ils opposent un obstacle à la circulation du sang et déterminent une hypertrophie des tissus qui donne aux régions atteintes l'aspect d'un membre de pachyderme, d'où le nom d'*éléphantiasis* donné à cette hypertrophie.

Certains Moustiques appelés les Anophèles prennent ces embryons en suçant le sang. Ceux-ci se développent dans le corps des Moustiques, passent dans leur trompe et lorsque ces Insectes vont *piquer l'homme*, ils les lui communiquent; et le même cycle recommence ensuite.

Une autre espèce de Filaire (*Filaria labiato-papillosa*) vit dans le sang du bétail: la paroi du tube digestif de certains Moustiques, les *Stomoxys*, est traversée par les embryons de la Filaire, qui arrivent progressivement dans la tête de leur hôte et y accomplissent au sein des muscles leur développement larvaire. Les larves arrivent ensuite au rostre des Moustiques, qui les déposent sous la peau du bétail qu'ils piquent.

TROISIÈME EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

ARTHROPODES

Les Arthropodes, tels que l'Écrevisse et les Insectes, présentent trois caractères fondamentaux :

1° Leur corps est formé d'anneaux ou segments successifs placés les uns derrière les autres comme ceux des Vers, avec une symétrie bilatérale; *mais la plupart de ces anneaux portent chacun une paire de membres formés de pièces articulées* servant à la locomotion. C'est la présence et la structure de ces membres articulés qui leur a valu le nom d'*arthropodes*¹. De plus ceux de ces membres qui sont situés au voisinage de la bouche sont toujours transformés pour servir soit à la préhension, soit à la mastication des aliments.

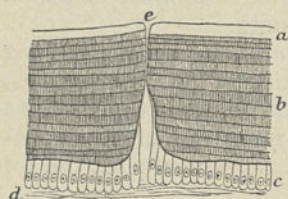


Fig. 370. — Coupe de la peau d'un arthropode (écrevisse).

c, cellules cylindriques qui engendrent la chitine sous forme de lamelles b, claires ou sombres. — e, gaine d'un poil.

2° Le corps est recouvert sur toute son étendue d'une couche épaisse et rigide de *chitine* qui lui sert d'enveloppe protectrice et qui est toujours dépourvue de cils vibratiles. C'est une matière azotée [combinaison d'une substance albuminoïde $C^8H^{12}Az^2O^3$ avec un hydrate de carbone $C^9(H^{20}O^8)$,] qui ne représente pas autre chose qu'une membrane cellulaire épaissie d'une façon anormale; elle est en effet engendrée par la *couche épidermique simple* qui recouvre le corps, et dont les cellules épaississent peu à peu leur paroi externe en sécrétant de nouvelles zones flexueuses

qui repoussent les plus anciennes à la périphérie (fig. 370). De plus, la partie externe de cette chitine s'imprègne très fréquemment de carbonate de chaux qui augmente sa résistance; il y en a 50 p. 100 chez l'Écrevisse.

Toutefois, elle reste toujours mince et flexible aux lignes de séparation des segments du corps et des articles des membres, pour rendre les mouvements possibles.

3° La rigidité de la chitine s'oppose naturellement à la croissance continue du corps et l'animal, pendant sa période de développement, est obligé de s'en débarrasser à certains intervalles: on dit qu'il subit des *mues*. La partie externe et dure de la chitine est alors rejetée et le corps n'est plus recouvert que par la partie interne qui est encore molle et souple; pendant cette période de ramollissement, la croissance se fait rapidement jusqu'à ce que la partie externe de la chitine se soit de nouveau épaissie et durcie; le nombre des segments et des appendices peut augmenter, la forme générale du corps se modifier, etc.: ces changements constituent les *métamor-*

¹ *Arthron*, articulation; *pous*, *podos*, pied.

phoses. Une fois la chitine reformée et durcie, l'animal reste stationnaire jusqu'à la mue suivante.

Contrairement aux autres Invertébrés, les Arthropodes possèdent des muscles striés : ceux des ailes des Insectes sont particulièrement développés.

L'embranchement des Arthropodes se subdivise en quatre classes, comme l'indique le tableau suivant :

Respiration aérienne.	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ paires, classe des Insectes.} \\ 4 \text{ — — — Arachnides.} \\ n \text{ — — — Myriapodes.} \end{array} \right.$
Pattes au nombre de	
Respiration branchiale.	

CLASSE I. — INSECTES

§ 1. Caractères généraux. — De tous les groupes animaux, c'est celui des Insectes qui renferme le plus grand nombre de représentants ; le nombre

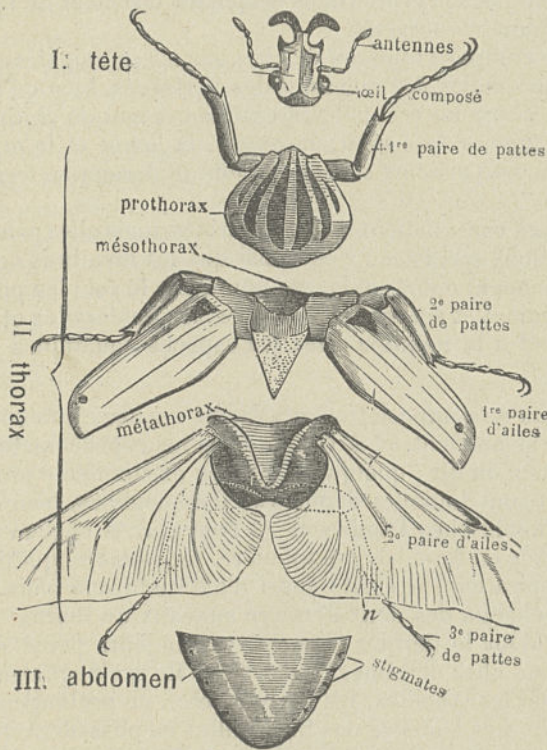


Fig. 371. — Insecte désarticulé pour montrer ses parties constituantes. L'abdomen n'est représenté que par ses quatre derniers segments.

des espèces animales connues étant évalué à 270 000, les deux tiers appartiennent à la seule classe des Insectes.

Leur corps est divisé en trois parties : tête, thorax et abdomen, ainsi que le représente la figure 371.

I. La tête, toujours d'une seule pièce, porte la bouche, les yeux et cinq

paires d'appendices articulés. La première paire forme les *antennes* qui sont situées sur le front, où elles servent à la sensibilité tactile et à l'olfaction ; les quatre autres paires entourent la bouche, située à la face inférieure, et servent à la préhension ou à la mastication. Leur disposition sera étudiée au paragraphe suivant.

II. Le *thorax* est toujours formé de trois anneaux, *protothorax*, *mésothorax* et *métathorax*, qui portent chacun une paire de pattes locomotrices articulées ; les deux derniers portent en outre chacun une *paire d'ailes*.

Toutefois chez les *Mouches* (ordre des Diptères), les ailes postérieures sont réduites à l'état de petits stylets ou de balanciers, et il n'existe que deux véritables ailes portées par l'anneau du milieu ou mésothorax ; les *Poux* et les *Puces* vivant en parasites sont *aptères*, c'est-à-dire dépourvus d'ailes (fig. 401).

L'aile est formée par l'accolement de deux membranes très minces et est parcourue par de fines nervures dans lesquelles circulent de l'air et du sang, ainsi que des filaments nerveux.

Une patte se compose toujours de cinq parties principales qui portent les mêmes noms que celles des membres des Vertébrés, bien qu'elles ne soient que des parties charnues recouvertes extérieurement de chitine : la *hanche*, le *trochanter* toujours très petit, la *cuisse*, la *jambe* et le *tarse*, lequel est formé de trois à cinq articles successifs dont le dernier se termine par deux griffes.

Les pattes sont essentiellement locomotrices, mais elles peuvent s'adapter à d'autres fonctions spéciales : c'est ainsi que les membres antérieurs de la Courtilère deviennent courts et larges pour fouir le sol ; les postérieurs s'allongent énormément et servent au saut chez les Sauterelles et les Criquets ; toutes s'adaptent à la natation chez les espèces aquatiques telles que les Hydrophiles, etc.

III. L'*abdomen* se compose toujours de dix anneaux, mais les postérieurs s'atrophient ou se soudent, et à l'état adulte les espèces actuelles n'en ont plus que huit, neuf ou dix ; quelquefois il n'en existe même plus que cinq.

Ces anneaux sont toujours dépourvus d'appendices, bien qu'il en apparaisse des rudiments chez l'embryon, et sont percés chacun à droite et à gauche d'un orifice en forme de boutonnière, le *stigmat*, qui livre passage à l'air pour la respiration ; il existe aussi d'habitude une paire de stigmates semblables sur chacun des deux derniers anneaux du thorax.

L'abdomen, dont le dernier segment est toujours percé de l'ouverture anale, se continue chez certaines espèces par un prolongement dont le rôle est variable. Chez les Abeilles, les Guêpes, etc., ce prolongement sert d'aiguillon venimeux. Les femelles des Sauterelles en possèdent un très long ou *oviscapte* qu'elles enfoncent dans le sol pour enfouir leurs œufs. Les femelles des *Cynips* utilisent le leur (*tarière*) pour piquer les plantes dans lesquelles elles déposent ensuite un œuf ; le parenchyme piqué s'hypertrophie et constitue ce qu'on appelle une *galle* (galle du chêne ou de l'églantier).

§ 2. **Armature buccale.** — La bouche est entourée de quatre paires d'appendices qui servent à la préhension ou à la mastication et qui constituent l'*armature buccale*. Ce sont : 1° une pièce transversale impaire, la *lèvre supérieure* ou *labre*, qui provient de la soudure de deux appendices distincts au

début de la vie embryonnaire ; — 2° une paire de *mandibules* ; — 3° une paire de *mâchoires* ; — 4° une seconde paire de mâchoires soudées sur la ligne médiane et formant la *lèvre inférieure*.

Ces différentes pièces, constantes chez tous les Insectes, ne sont pas autre chose que les pattes les plus antérieures du corps qui, au lieu de servir à la locomotion, sont utilisées pour la préhension ou la mastication de la nourriture. Leurs articles se sont par suite plus ou moins profondément modifiés selon le régime alimentaire, et sous ce rapport il y a lieu de distinguer quatre types d'Insectes : les *broyeurs*, les *lècheurs*, les *suceurs* et les *piqueurs*.

I. INSECTES BROYEURS. — Ce sont les *Coléoptères* (Hanneton), les *Orthoptères* (Sauterelle) et les *Névroptères* (Libellule). La caractéristique de leurs principales pièces buccales c'est d'être fortes et courtes, souvent armées de pointes ou de petits tubercules pour broyer les aliments (fig. 372).

1° La *lèvre supérieure* est une simple petite lamelle mobile insérée sur le front, immédiatement au-dessus de la bouche et ne présentant plus aucune trace de segmentation ;

2° Les deux *mandibules* sont situées au-dessous de la lèvre supérieure, à droite et à gauche de la ligne médiane ; elles sont formées chacune d'une pièce unique très forte, armée de dents sur sa face interne ; elles constituent les véritables pièces masticatrices ;

3° Les deux *mâchoires* se rapprochent beaucoup plus de la forme des véritables pattes locomotrices parce qu'elles sont formées de plusieurs pièces articulées ; elles sont même bifurquées comme les appendices des

Ecrevisses. Leur base porte une partie interne ou *endopodite* et une partie externe ou *exopodite*. L'endopodite se compose de deux pièces : 1° une lame interne généralement armée de dents pour aider les mandibules à la mastication et que l'on appelle l'*intermaxillaire* ou *ligule* ; — 2° une petite pièce externe qui sert d'organe sensoriel et qui s'appelle la *galéa* ou *paraglosse*. L'exopodite se compose d'une petite tige à cinq articles successifs ; on l'appelle encore le *palpe maxillaire* ; il sert également d'organe sensoriel ;

4° La *lèvre inférieure* qui est placée sur la ligne médiane a manifestement la forme de deux mâchoires semblables aux précédentes et qui se sont soudées par leur base ; aussi les appelle-t-on encore les *mâchoires postérieures* ou de la deuxième paire. L'endopodite et l'exopodite y sont distincts ; le premier possède encore ses deux lobes courts, l'*intermaxillaire* ou *ligule* et la *galéa* ou *paraglosse* ; l'exopodite comprend trois articles successifs formant une petite tige ou *palpe labial*, qui a un rôle sensoriel comme les palpes maxillaires auxquels il ressemble.

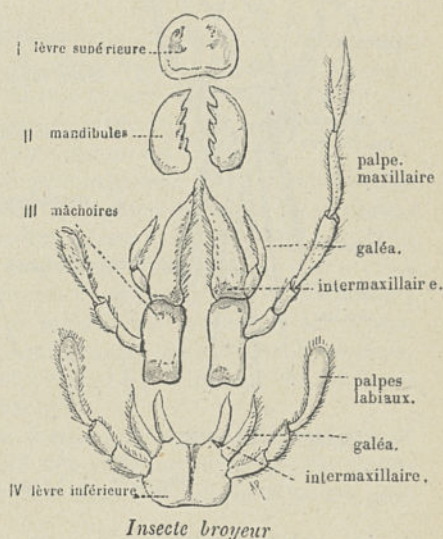


Fig. 372. — Armature buccale.

II. INSECTES BROYEURS ET LÈCHEURS (fig. 373). — Ce sont les *Hyménoptères*, tels que les Abeilles, les Guêpes, les Frelons, etc. Ils se nourrissent principalement de liquides sucrés ; mais comme ils ont également besoin de percer les enveloppes résistantes des fruits dans lesquels ils vont souvent puiser ces liquides, des pièces broyeuses leur sont indispensables, et c'est pour cela que la *lèvre supérieure* et les *mandibules* ressemblent à celles des insectes broyeurs. Les mandibules surtout sont faites pour perforer et broyer. Les abeilles les utilisent également pour malaxer la cire dont elles construisent leurs alvéoles.

Les autres pièces, *mâchoires* et *lèvre inférieure*, servent à la récolte des

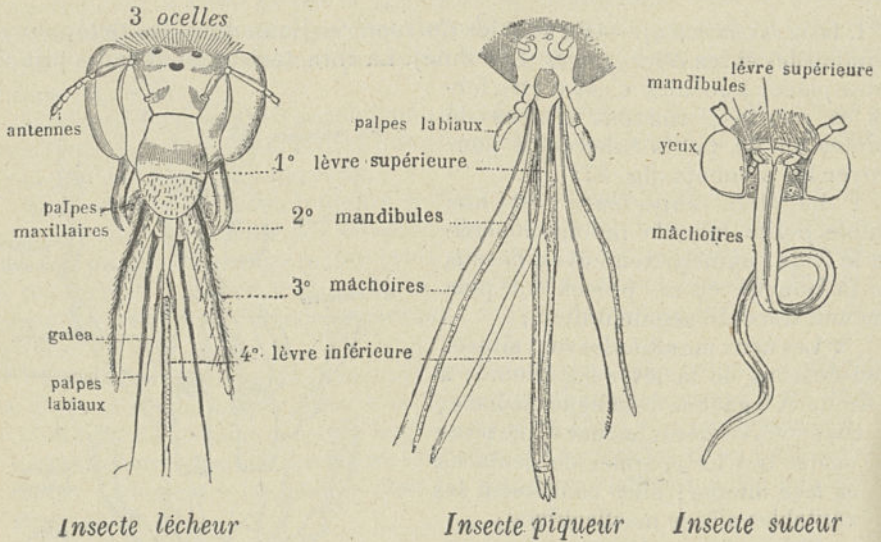


Fig. 373. — Armature buccale des Insectes.

liquides et du pollen et constituent les pièces caractéristiques de ces Insectes. A cet effet, chaque *mâchoire* a son endopodite très allongé en forme de palette couverte de poils pour la récolte du pollen ; son exopodite ou palpe maxillaire est au contraire très court.

La *lèvre inférieure*, de son côté, est surtout organisée pour lécher ; sa partie interne (*les deux intermaxillaires*) s'allonge en une sorte de langue médiane effilée et hérissée de poils qui retiennent le pollen ; elle est creusée en gouttière, et chez quelques espèces elle arrive même à constituer un tube complet par lequel l'insecte aspire les liquides sucrés des fleurs. C'est cette pièce que l'abeille allonge quand elle vient de se poser sur une fleur pour en recueillir les matières sucrées.

A droite et à gauche se trouvent le reste de l'endopodite (galéa) et un exopodite (palpe labial) effilés.

III. INSECTES SUCEURS OU HUMEURS (fig. 373). — Ce sont les *Lépidoptères* ou Papillons, qui se nourrissent exclusivement de substances liquides qu'ils absorbent à l'aide d'une longue trompe aspiratrice. Celle-ci est formée uniquement par les deux *mâchoires* ; chacune d'elles s'est très allongée en

forme de languette et s'est creusée d'une gouttière sur sa face interne ; puis elles se sont soudées ensemble en juxtaposant leurs gouttières et ont formé ainsi un long tube appelé la *trompe*. Au repos, cette trompe est enroulée en spirale et abritée dans une petite rainure creusée sous la face ventrale ; l'insecte la déroule lorsqu'il veut aspirer les liquides sucrés des fleurs.

Quant aux autres pièces elles ne seraient d'aucune utilité à l'animal, qui ne se nourrit jamais de substances dures, de sorte que les *mandibules* ainsi que les *deux lèvres* sont nulles ou rudimentaires ; il ne persiste guère que les deux palpes labiaux, qui sont courts et couverts d'un duvet servant à protéger la trompe au repos.

La trompe n'existe que chez les Papillons adultes ; à l'état de larves ou de chenilles, ils se nourrissent de feuilles et possèdent alors, pour les broyer, une armature buccale identique à celle des Insectes broyeur.

IV. INSECTES PIQUEURS ET SUCEURS (fig. 373). — Ils comprennent les *Hémiptères* (phylloxéra, pucerons, pou) et les *Diptères* (mouche, cousin). Comme ils se nourrissent de liquides, ils possèdent une trompe comme les Papillons, mais elle est formée, non par les mâchoires, mais par les *deux lèvres* qui s'allongent considérablement et se transforment en un tube.

De plus, comme ces insectes puisent généralement leurs liquides dans l'intérieur des végétaux ou dans le corps des animaux, il faut qu'ils perforent d'abord ces derniers pour pouvoir y introduire leur trompe. Aussi les *deux mandibules* et les *deux mâchoires* prennent-elles la forme de quatre stylets pointus qui sont enfermés dans la trompe, où l'insecte les fait aller et venir à la manière d'un piston ; ce sont ces stylets qui perforent les corps étrangers, et les liquides qui en sortent sont ensuite aspirés par la trompe.

Quelquefois le nombre des stylets peut s'élever à six comme chez le Taon ou descendre à deux comme chez les Mouches.

L'ensemble de la trompe et des stylets forme une espèce de bec rigide et pointu appelé le *rostre*. Dans la figure 373, les différentes pièces du rostre ont été étirées latéralement et séparées les unes des autres pour en permettre l'analyse.

Chez les Insectes simplement lécheurs (*Mouche*) l'appareil buccal se réduit presque à la lèvre inférieure dont les ligules s'élargissent et deviennent spongieuses.

§ 3. **Tube digestif** (fig. 374). — C'est un tube étendu d'une extrémité à l'autre du corps et présentant les particularités suivantes :

1° Dans la bouche s'ouvrent des *glandes salivaires* dont le développement est très variable (simple tube bifurqué chez les Papillons (fig. 378), faisceau de tubes chez l'Abeille, etc.) ; leur liquide renferme une amylase qui transforme l'amidon en glucose ; la salive de l'Abeille transforme également le sucre de canne en glucose. Chez les chenilles elles sont transformées en *glandes filières* ; chez les *Hémiptères* (punaise, puceron) et les *Diptères* (mouche) ce sont des glandes à venin ;

2° L'*œsophage* traverse le thorax et se renfle dans l'abdomen en une poche *J* ou *jabot* qui sert de réservoir temporaire pour les aliments ; c'est là que les abeilles emmagasinent tout d'abord les substances sucrées des fleurs pour les régurgiter ensuite sous forme de miel ;

3° L'*estomac* des Insectes carnassiers est différencié en deux comparti-

ments comme celui des Oiseaux : le premier *Pv*, appelé le *gésier*, est une poche musculaire présentant à sa face interne des saillies chitineuses et servant uniquement d'*organe triturant* ; — le second compartiment, *E*, appelé *ventricule chylique*, renferme les glandes gastriques chargées de la digestion des albuminoïdes ; elles sont logées dans la paroi du ventricule ou bien elles forment de nombreux petits tubes qui sont saillants à la surface de ce ventricule ; celui-ci paraît alors couvert de fines villosités comme c'est le cas chez le Carabe (fig. 374). Cet estomac à cellules sécrétrices est le seul qui existe chez les Insectes qui ne sont pas carnassiers (*E*, fig. 375).

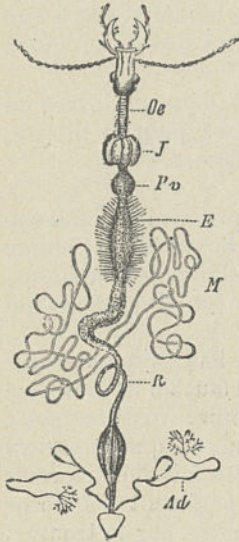


Fig. 374. — Tube digestif d'un Coléoptère carnassier (Carabe doré).

Oe, oesophage. — J, jabot. — Pv, gésier. — E, ventricule chylique. — M, tubes de Malpighi. — R, intestin. — Ad, glandes anales.

4° L'intestin est plus ou moins contourné et se termine par un rectum toujours élargi, à la terminaison duquel s'ouvre deux *glandes anales* qui sont des organes d'excrétion. Leur rôle est assez variable. Chez les *Hyménoptères* (abeilles), elles constituent des glandes à venin qui servent d'organes de défense ou d'attaque pour la proie.

Au commencement de l'intestin débouchent les *tubes de Malpighi M* que l'on regarde habituellement comme des reins parce que leurs produits de sécrétion renferment des urates ; peut-être servent-ils aussi d'organe hépatique. Ce sont des tubes très fins et très allongés, pelotonnés autour de l'intestin et généralement au nombre de quatre ; mais ils sont quelquefois plus nombreux et on en compte plus de cent chez les *Hyménoptères* (abeille) et les *Orthoptères* (sauterelle). Ils sont constitués tout simplement par une seule assise de grosses cellules excrétrices, doublées extérieurement par une membrane conjonctive.

Toute la partie antérieure du tube digestif, jusqu'au *gésier* y compris, ainsi que la partie terminale de l'intestin, sont tapissées intérieurement de *chitine* ; il n'y a que le ventricule chylique et la partie de l'intestin qui précède les tubes de Malpighi qui en sont dépourvus et qui sont le siège de l'absorption.

Étudier également les figures 375 et 378 pour le tube digestif.

§ 4. **Appareil respiratoire** (fig. 375). — Tous les Insectes adultes ou larvaires, même ceux qui vivent dans l'eau, respirent par une quantité considérable de petits tubes ou *trachées* qui se multiplient pour ainsi dire à l'infini dans tout l'intérieur du corps, autour des viscères, dans les membres et même dans les nervures des ailes. Leurs ramifications, de plus en plus fines, pénètrent même dans l'intérieur des organes, entre les éléments cellulaires, pour leur distribuer directement l'oxygène. Ils apparaissent comme autant de petits fils argentés lorsqu'on ouvre le corps d'un Insecte plongé dans l'eau ; cet aspect est dû à l'air qu'ils renferment.

Tandis que chez les Mammifères, par exemple, l'air ne fait que s'accumuler dans les poches pulmonaires où le sang vient ensuite le chercher pour le véhiculer dans tout l'organisme, chez les Insectes la disposition est

pour ainsi dire inverse : c'est l'air en nature qui circule dans tout le corps et va se mettre directement en contact avec les éléments cellulaires.

Il pénètre dans les trachées par des ouvertures spéciales, les *stigmates*, (s, fig. 375) placées latéralement par paire sur chaque anneau de l'abdomen et sur les deux derniers anneaux thoraciques. Chaque stigmate se compose d'un petit cadre chitineux, dans lequel est tendue une petite membrane percée d'une espèce de boutonnière. Des muscles spéciaux permettent de fermer ces stigmates, et c'est ce qui explique que les Insectes présentent une grande résistance à l'asphyxie quand on les enferme dans des gaz délétères pour les tuer : ils utilisent pendant ce temps la réserve d'air enfermée dans leurs trachées.

Une *trachée* (fig. 243), peut être regardée comme un renfoncement de la peau externe, c'est-à-dire de la couche épithéliale simple et de la chitine qui recouvre cette dernière. Chaque tube est en effet composé de deux membranes (fig. 376) : une externe formée d'une seule assise de cellules, et une interne en chitine qui est très mince pour permettre à l'air de la traverser par osmose et de se répandre dans les tissus voisins ; toutefois cette dernière présente un épaississement spiralé de chitine, à tours très serrés, destiné à lui donner une plus grande rigidité et à l'empêcher de s'affaisser, afin que l'air puisse y circuler facilement sous la seule pression atmosphérique.

Chez les Insectes à vol puissant, certaines trachées sont renflées et forment les *vésicules trachéennes*, sortes de réservoirs d'air qui diminuent le poids spécifique et constituent une réserve gazeuse que l'animal peut utiliser pendant le vol ; elles sont comparables aux sacs aériens des Oiseaux. L'Abeille et la Mouche en possèdent deux très volumineuses, de chaque côté de la cavité abdominale (T, fig. 375). Chez les Hannetons elles sont très nombreuses, mais très petites. Le renouvellement de l'air dans les trachées et dans les vésicules se fait par les mouvements de l'abdomen.

Enfin il faut signaler quelques modifications intéressantes de l'appareil respiratoire chez les Insectes qui vivent dans l'eau, soit à l'état larvaire, soit à l'état adulte. Les stigmates se ferment et il n'en reste souvent plus que

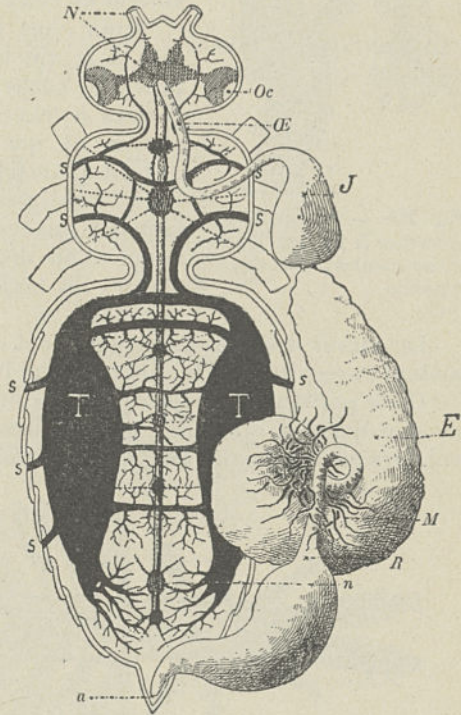


Fig. 375. — Organisation de l'abeille.

(R. PERRIER, Zoologie.)

Tube digestif : Oesophage (Ø. — Jabot J. — E, estomac. — M, tubes de Malpighi. — R, rectum ; a, anus.

Appareil respiratoire : s, stigmates s'ouvrant dans les trachées ramifiées. — T, T, deux trachées renflées en ballon, Système nerveux : N, cerveau ; n, chaîne nerveuse.

deux, situés à l'extrémité de l'abdomen. C'est ainsi que les *Hydrophiles* relèvent périodiquement hors de l'eau l'extrémité postérieure de leur corps pour prendre l'air.

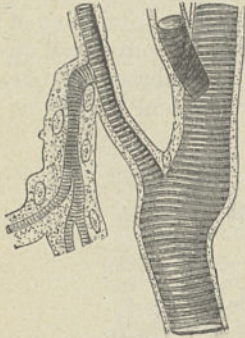


Fig. 376. — Fragment de trachée à un fort grossissement, avec ses deux parois.

Les *Ranatres*, sortes de punaises d'eau, et les larves des *Cousins* possèdent à leur abdomen deux longs prolongements terminés chacun par un stigmate ; ce sont seulement ces prolongements qu'ils sortent de l'eau pour respirer.

Enfin chez certaines larves franchement adaptées à la vie aquatique, les stigmates n'existent plus : le corps pousse des expansions de formes variées à travers lesquelles se font les échanges gazeux et que l'on appelle des *branchies trachéennes*. Ainsi les larves *Éphémères* (fig. 377) possèdent de chaque côté du corps un certain nombre de lamelles minces où aboutissent de nombreuses trachées. L'air dissous dans l'eau passe par osmose à travers les lamelles et pénètre dans les trachées internes.

Les larves des *Libellules* possèdent des branchies semblables dans leur rectum et respirent en faisant pénétrer l'eau par l'anus.

Cette particularité curieuse a conduit à penser que les ailes des Insectes ne sont que des branchies trachéennes qui se sont adaptées peu à peu au vol, lorsque ces animaux ont quitté le milieu aquatique pour le milieu aérien.

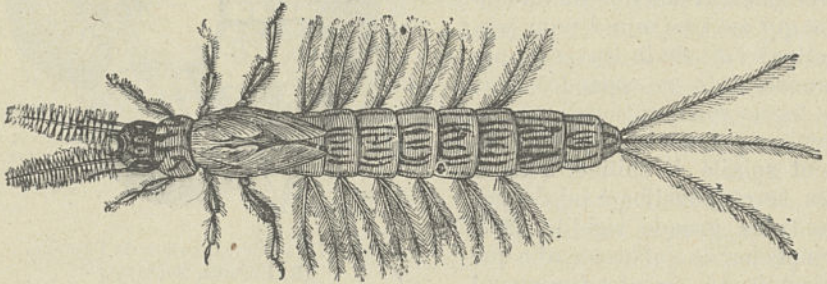


Fig. 377. — Larve d'Éphémère avec ses branchies trachéennes.

Les Insectes sont regardés comme dérivant tous de formes primitivement aquatiques.

§ 5. Appareil circulatoire (fig. 378). — Il consiste en un tube unique, étendu d'avant en arrière sur la ligne médiane et dorsale du corps, au-dessous de la carapace, et que l'on appelle le *cœur* ou simplement le *vaisseau dorsal*. Il est formé de chambres successives, au nombre de huit ou neuf, quelquefois onze, correspondant chacune à un anneau ; il est fermé en arrière et en avant il ne dépasse pas le métathorax ; à partir de là il se continue plus en avant par un tube étroit appelé *l'aorte*, qui, un peu plus loin, s'ouvre à plein dans les lacunes remplies de sang, sans envoyer la moindre ramification (I et II, fig. 378). Chaque chambre ou *ventriculite* communique avec la suivante par un orifice étroit, muni d'une valvule, qui ne

laisse circuler le sang que d'arrière en avant; de plus, elle possède deux orifices latéraux ou ostioles qui la mettent en communication avec une grande lacune sanguine ou *péricarde* au milieu de laquelle s'étend le cœur; cette lacune est séparée de la cavité du corps par un diaphragme *m* perforé et normalement convexe vers le haut. Enfin à la face inférieure de chaque chambre, il existe deux muscles triangulaires ou *muscles aliformes*, qui lui sont fixés par leur base, tandis que leur autre extrémité effilée va s'attacher à la paroi du corps.

La circulation s'effectue de la façon suivante : quand le diaphragme *m* s'abaisse et prend la position *m'* (III, fig. 378) il fait passer le sang dans le

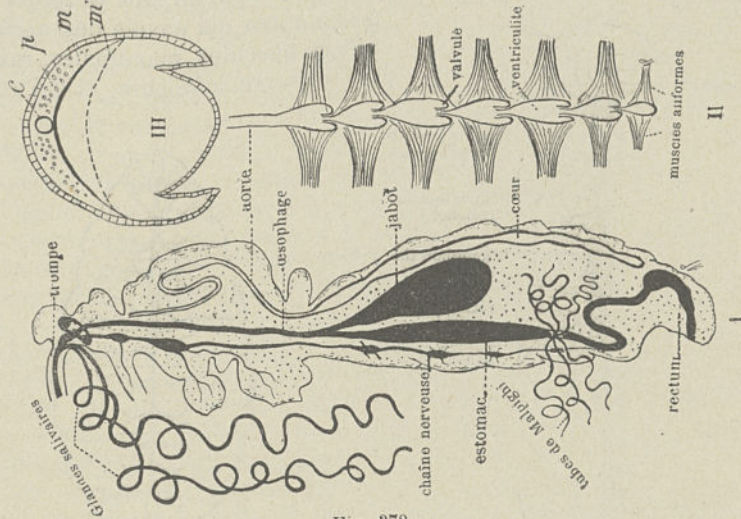


Fig. 378.

I. Organisation du Papillon. — II. Cœur vu par sa face dorsale. — III. Coupe transversale du corps montrant le cœur *c*, logé dans le péricarde *p*; *m*, diaphragme au repos; *m'*, le même contracté.

péricarde *p*; quand il remonte en prenant sa position primitive *m*, il chasse ce sang dans le cœur par les ostioles, et enfin les contractions des muscles aliformes le font circuler en avant d'un ventricule à l'autre.

Le cœur et l'aorte le répandent ainsi de nouveau dans les différentes lacunes du corps, dans les nervures des ailes ainsi qu'entre les deux membranes des trachées. Comme ces dernières sont extrêmement nombreuses et s'étendent aussi bien dans les lacunes que dans l'épaisseur des organes, leur air n'a qu'à filtrer à travers leurs parois pour se trouver directement en contact avec le sang ou avec les éléments cellulaires des organes.

Le sang est incolore et renferme de nombreux globules blancs animés de mouvements amiboïdes.

§ 6. **Système nerveux** (fig. 379). — En principe, chaque segment du corps et par suite chaque paire d'appendices, possède deux ganglions voisins l'un de l'autre et même souvent intimement soudés. L'ensemble de ces ganglions forme deux parties distinctes : le *cerveau* et la *chaîne ventrale*.

Le *cerveau* est une petite masse nerveuse toujours située au-dessus de l'œsophage et qui est formée par la réunion de *trois paires de ganglions*

appartenant respectivement au segment de la tête, aux antennes et à la lèvre supérieure qu'ils innervent ; les antennes et la lèvre supérieure représentent en effet les deux premières paires d'appendices et possèdent par conséquent deux paires de ganglions qui, au lieu de rester indépendantes, se fusionnent avec celle du segment de la tête.

La *chaîne ventrale* se compose de deux nerfs parallèles et très rapprochés l'un de l'autre, qui s'étendent sur toute la longueur du corps : chacun d'eux porte sur son trajet une file de ganglions, à raison d'un par segment, placé près de celui du nerf voisin, ce qui fait deux ganglions par anneau du corps.

Toutefois la chaîne commence antérieurement par un gros *ganglion sous-œsophagien* qui envoie des nerfs aux

pièces buccales, mandibules, mâchoires et lèvre inférieure, et qui résulte

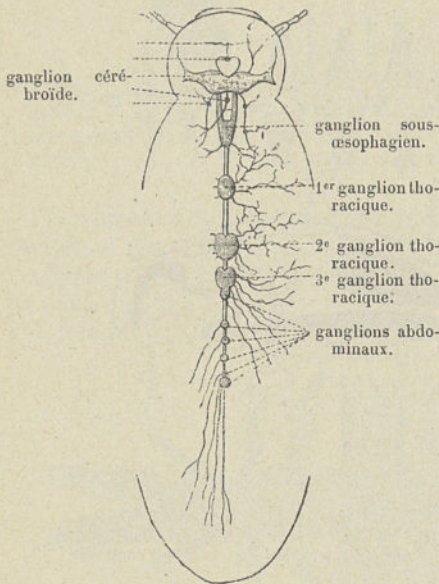


Fig. 379. — Système nerveux du Dytique.

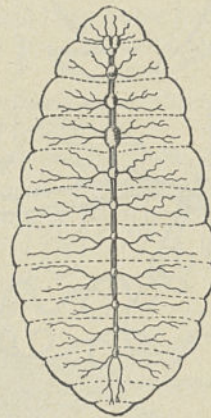


Fig. 380. — Système nerveux de la Larve de l'Abeille.

Une paire de ganglions par anneau.

de la fusion des trois paires de ganglions correspondant à ces trois paires d'appendices. Il est réuni au cerveau par un *collier œsophagien*.

Viennent ensuite les trois paires de ganglions thoraciques appartenant aux trois anneaux du thorax, puis les n paires de ganglions des n anneaux de l'abdomen.

Cette disposition régulière et symétrique de la chaîne nerveuse ventrale s'observe dans toute sa netteté chez la plupart des formes larvaires, en particulier chez les Chenilles (fig. 380).

Mais chez l'Insecte parfait, ces ganglions perdent généralement leur répartition primitive si régulière ; ceux d'une même paire se fusionnent plus ou moins complètement et les différentes paires, à leur tour, peuvent se rapprocher et quelques-unes se fusionner en une masse unique. De telle sorte que la chaîne ventrale de l'adulte diffère assez profondément de celle qu'il avait pendant la phase larvaire.

Ainsi l'Abeille adulte n'a que deux ganglions thoraciques au lieu de trois, comme le montre la figure 375, par suite de la fusion de ceux du deuxième

et du troisième segment du thorax ; l'abdomen reste avec ses cinq paires de ganglions, un par segment, avec cette particularité que les deux ganglions d'une même paire se sont réunis l'un à l'autre.

La concentration est plus grande encore chez le Hanneton. La chaîne ventrale de sa larve comprend une dizaine de paires de ganglions, tandis que l'Insecte adulte n'en a plus que trois ; c'est que ses deux derniers ganglions thoraciques et ses ganglions abdominaux se sont soudés en une masse unique ; toutefois ils continuent à envoyer autant de paires de nerfs qu'il y a de segments.

§ 7. **Organes des sens.** — Les organes des sens inférieurs, toucher, olfaction, gustation, paraissent s'exercer uniquement par des poils qui font saillie en différents points du corps et sont en relation avec des terminaisons nerveuses ; ils sont localisés sur les pièces de la bouche et particulièrement sur les *antennes*, qui servent vraisemblablement à l'olfaction et au toucher.

L'ouïe et la vue possèdent des organes plus différenciés.

Comme *organes auditifs*, il y en a de deux sortes qui sont constitués tout autrement que les otocystes des animaux aquatiques :

1° Les *cellules chordotonales*, cellules nerveuses isolées ou réunies en petits massifs disséminés un peu partout, immédiatement au-dessous des téguments ; ceux-ci leur transmettent directement les vibrations de l'extérieur, ce qui fait que l'Insecte paraît entendre par toute la surface de son corps ;

2° Les *organes tympaniques*, qui sont encore des amas de cellules nerveuses placées au-dessous des téguments et se continuant par des fibres nerveuses. Seulement la peau forme au-dessus d'elles un véritable tympan un peu bombé, et entre ce tympan et les cellules nerveuses se trouve une dilatation trachéenne qui joue le rôle de caisse de résonnance.

On ne connaît ces organes que chez un petit nombre de groupes : les Criquets en ont un à droite et un à gauche de leur premier anneau abdominal ; les Sauterelles et les Grillons en possèdent deux sur chacune de leurs pattes antérieures.

Les *yeux* sont également de deux sortes : des yeux simples ou *ocelles* et des *yeux composés* (fig. 381).

Un *ocelle* (fig. 381, I), est tout simplement une sorte de petite coupe formée par un renforcement de l'épiderme ; la chitine se renfle à son ouverture pour former une espèce de cornée C et le fond de la coupe est occupé par un amas de cellules sensibles R terminées chacune par un bâtonnet transparent.

Les larves ne possèdent guère que des yeux simples ; beaucoup d'adultes et en particulier ceux qui volent beaucoup (Hyménoptères, Névroptères, Diptères) en possèdent trois sur le milieu du front, disposés en triangle, concurremment avec des yeux composés (fig. 373). Les papillons n'en ont que deux.

Les *yeux composés*, au nombre de deux, sont toujours placés latéralement et sont toujours très volumineux, à tel point qu'ils envahissent souvent toute la tête. Chacun d'eux est formé par l'agglomération de plusieurs milliers de petits éléments que l'on appelle des *ommatidies* (fig. 381, IV).

Chaque ommatidie se compose : 1° d'un petit amas de cellules *nerveuses visuelles* allongées et groupées autour d'un axe longitudinal (généralement sept) ; elles se continuent chacune inférieurement par une fibre nerveuse ; elles forment en somme une petite rétine rudimentaire ou *rétinule* ; — 2° tout autour se trouve une assise de cellules pigmentées ; — 3° la rétine est surmontée d'un petit *cristallin conique*, également formé par des cellules agglomérées autour d'un axe longitudinal transparent ; — 4° enfin la cuticule et l'épiderme à leur tour deviennent tout à fait transparents au niveau de la rétinule et forment une véritable petite cornée ou *cornéule*.

Plusieurs milliers d'*ommatidies* (25 000 chez certains Insectes) sont jux-

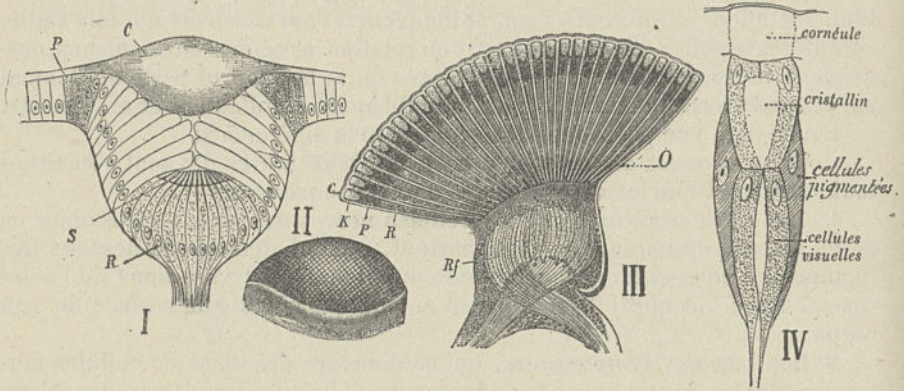


Fig. 381. — Les yeux des Insectes.

I. Ocelle. — R. cellules rétiniennees avec leurs bâtonnets S. — C. cornée. — P. anneau de cellules pigmentées. II. Œil composé à un faible grossissement. — III. Le même plus grossi. — C. cornée à facettes. — K. cristallin. — P. cellules rétiniennees. — IV. Détails d'une ommatidie.

taposées pour former un œil composé, et les cornéules forment naturellement une cornée continue. Celle-ci est quelquefois lisse, mais le plus généralement elle est taillée en facettes, dont chacune correspondant à une ommatidie, d'où le nom d'*yeux composés* ou d'*yeux à facettes*. La figure 381, II, en représente un en entier et à un faible grossissement.

On a émis beaucoup d'hypothèses sur la façon dont se fait la vision chez les Insectes. Voient-ils une seule image ou une mosaïque d'images, fournies chacune par une ommatidie ? Le seul fait précis, c'est qu'il se forme derrière chaque facette une petite image que l'on a pu photographier. Mais le cristallin conique qui la reçoit à son tour ne doit transmettre qu'un petit point brillant sur la rétine, de sorte qu'il est probable que ces animaux n'ont qu'une vue très imparfaite et ne perçoivent que des plages lumineuses.

Des expériences nombreuses ont d'ailleurs montré qu'ils ne distinguent pas la forme des objets ou ne la distinguent que fort mal, et que les Fourmis se dirigent surtout par leur odorat. En outre il est démontré qu'ils perçoivent les rayons ultra-violetts qui, au contraire, échappent à notre œil. Nous sommes donc loin d'être fixés sur le fonctionnement de ces organes visuels ; on ignore absolument comment se comportent et à quoi peuvent servir les yeux simples qui accompagnent les yeux composés ; on suppose qu'ils servent peut-être à la vision aux courtes distances.

§ 8. **Métamorphoses.** — Les œufs des Insectes ne produisent jamais directement d'autres Insectes; il en sort des formes transitoires ou *larves* qui sans doute possèdent déjà tous les segments de l'adulte, mais qui sont toujours très petites et mangent énormément pour croître. Dans les types les plus simples, les larves ne diffèrent guère de l'adulte que par l'absence d'ailes; elles ont le même régime alimentaire et sensiblement la même forme à toutes les périodes de leur vie; le grand changement qui se produit chez elles ne consiste guère que dans l'apparition des ailes au cours des mues qu'elles subissent dans la période de croissance (Sauterelle, Libellule). On dit que dans ce cas les *métamorphoses sont incomplètes*.

Chez les Insectes plus parfaits, les larves diffèrent au contraire assez profondément des adultes tant par leur forme que par leur genre de vie; c'est ainsi qu'une chenille manque d'ailes et a des pièces buccales broyeuses, tandis que le papillon qui en dérive possède quatre ailes et une longue trompe d'insecte suceur; les larves des mouches et des abeilles n'ont pas de pattes. Aussi quand toutes ces larves ont atteint une certaine taille, elles s'immobilisent complètement et leurs organes internes subissent de profondes modifications; des nouveaux apparaissent, d'autres se détruisent entièrement. On dit alors que l'insecte subit des *métamorphoses complètes*.

Ces métamorphoses obéissent à quelques lois assez générales et nous allons les préciser sur quelques exemples.

1^{er} *Exemple* : Le BOMBYX DU MURIER, dont la larve est appelée *Ver à soie*. Son évolution passe par trois phases distinctes (fig. 382) : la *larve*, la *nymphé* ou *chrysalide* et l'*imago* ou Insecte parfait.

1° De l'œuf il sort une *larve* ou *chenille* de deux millimètres de longueur, pourvue de trois paires de pattes thoraciques et d'une forte armature buccale broyeuse avec laquelle elle mange les feuilles de mûrier (A, fig. 382). Les anneaux qui suivent le thorax se ressemblent tous et portent chacun une paire de stigmates, avec une paire de *fausses pattes* abdominales en forme de ventouses, terminées par une couronne de crochets. Pendant le premier mois, elle subit quatre mues successives, suivies chacune d'une notable augmentation de volume. La première mue la débarrasse du tégument noir et velu qu'elle portait à sa naissance et, à partir de ce moment, elle reste à peu près blanche;

2° Au début du second mois, elle cesse de manger, devient jaune et transparente et s'arrête dans un angle formé par des branches ou des feuilles. Il s'écoule alors de sa bouche un fil de soie qui peut atteindre jusqu'à un kilomètre de longueur et qu'elle dispose tout autour d'elle en faisant aller sa tête dans tous les sens; elle s'enveloppe ainsi d'un *cocon* protecteur dans l'intérieur duquel elle subira une cinquième mue.

A cet état, on l'appelle *nymphé* ou *chrysalide*.

Ce sont les fils de ce cocon qui sont utilisés pour la fabrication de la soie. Ils sont sécrétés par deux glandes en tube ou *glandes séricigènes* qui ne sont pas autre chose que des glandes salivaires modifiées, d'une longueur énorme, et pelotonnées plusieurs fois pour se loger dans la cavité du corps (E, fig. 382). Le produit de chaque glande sort d'abord par un tube très fin ou *filière* où il est étiré en fil, puis les deux filières se confondent en un canal commun qui se termine par un orifice percé dans la lèvre inférieure. Les deux fils se soudent l'un à l'autre dans ce canal commun, grâce à une matière visqueuse et bril-

lante sécrétée par deux autres petites glandes spéciales qui s'ouvrent dans le même canal.

Une fois le cocon terminé, la chenille s'entoure complètement d'une sorte de *maillot* résistant en chitine qui l'emprisonne totalement, y compris ses membres, et entre dans une période d'immobilité complète (B, fig. 382).

La cinquième et dernière mue qui se produit alors dans l'intérieur de ce maillot, amène des modifications profondes et intéressantes chez l'Insecte : la plupart de ses organes meurent, *muscles, glandes, trachées* et une grande partie de l'*ectoderme* ; leurs éléments se désagrègent et se dissocient ; on dit

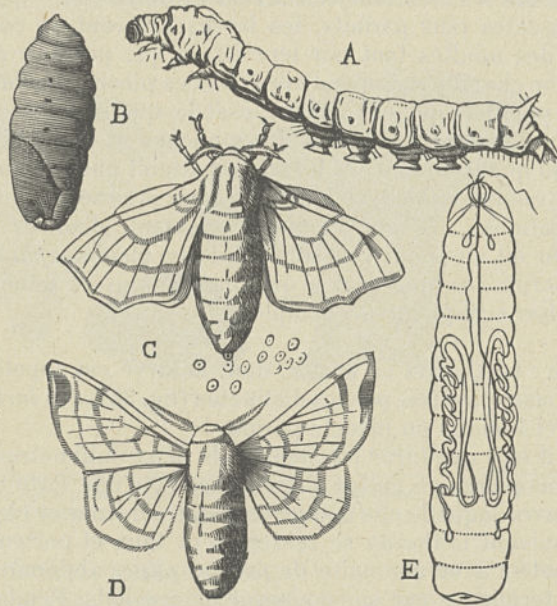


Fig. 382. — Métamorphoses du Bombyx.

A, chenille. — B, chrysalide retirée de son cocon soyeux. — C, papillon femelle et ses œufs. — D, papillon mâle. — E, chenille vue par la face inférieure et montrant ses deux glandes qui sécrètent la soie.

qu'ils sont en *histolyse* ; mais des globules blancs ou leucocytes les absorbent et les digèrent, se comportant ainsi en *phagocytes* ; le cœur, chose remarquable, continue à battre au milieu de cette dégénérescence générale pour assurer la circulation des globules sanguins.

Puis les parties détruites se reconstituent *aux dépens des leucocytes et de petites plages de cellules ectodermiques* qui ont persisté sous les téguments : au bout de trois semaines environ, il s'est formé un *papillon* ou *imago* pourvu de trois paires de pattes et de quatre ailes (C et D, fig. 382).

Les pièces buccales se sont aussi profondément modifiées ; les mandibules et les mâchoires puissantes que possédait la chenille pour broyer les feuilles, sont remplacées par une longue trompe que le papillon utilisera pour sucer les liquides des fleurs ;

3° Le *papillon* ramollit une des extrémités du cocon et le perce pour s'échapper à l'extérieur. Les femelles pondent un grand nombre d'œufs dans les premiers jours qui suivent et meurent.

Ajoutons qu'il n'y a guère que les chenilles de la même famille que le Bombyx (*Bombycidés*) qui abritent leur nymphe dans un cocon en soie; les autres nymphes ne possèdent que leur maillot en chitine et vivent soit sur le sol, soit dans la terre, ou encore suspendues par une petite ceinture en soie ou par leur queue.

Toutes les larves des Insectes possèdent trois paires de pattes thoraciques comme les chenilles, sauf celles des *Hyménoptères* (abeille) et des *Diptères* (mouches), qui sont complètement dépourvues de membres, sans doute parce qu'elles sont plongées au sein d'une abondante nourriture et qu'elles ont moins besoin de se déplacer. Elles ressemblent à des vers (*asticots des mouches*).

2° *Exemple* : le HANNETON. — La durée des différentes phases n'est pas non plus la même chez tous les Insectes; la première, ou *phase larvaire*, dure plusieurs années chez certaines espèces comme chez le *Hanneton*, l'*Ephémère*, etc.

Les œufs du Hanneton éclosent vers le mois de juillet et produisent des larves appelées vulgairement les *vers blancs*; elles vivent dans le sol où elles causent de très grands ravages en coupant les racines avec leurs mâchoires et leurs mandibules puissantes. Leur corps est mou et rempli de graisse, pourvu de trois paires de pattes thoraciques comme les chenilles des papillons.

La troisième année, le ver blanc passe à l'état de *nymphe* en se recouvrant d'une enveloppe chitineuse, qui se distingue de celle du Bombyx *parce qu'elle laisse les pattes libres*; on dit que la nymphe n'est pas *emmaillotée*. Au bout de cinq à six semaines, vers le mois d'avril ou de mai, elle est devenue un *insecte parfait* qui ne vivra guère lui-même que de vingt à trente jours, en se nourrissant de feuilles d'arbres.

Dans les derniers jours de leur existence, les femelles creusent chacune un petit trou dans le sol et y déposent une cinquantaine d'œufs, qui éclosent de quatre à six semaines plus tard.

Lorsque les Insectes passent dans le cours de leur évolution par les trois phases dont nous venons de parler, *larve* apode ou à trois paires de pattes, *nymphe* emmaillotée ou non, et *insecte parfait* ou imago, on dit que les métamorphoses sont complètes. Il en est ainsi chez le plus grand nombre.

Mais il y en a dont la larve ne diffère guère de l'adulte que par l'absence d'ailes; la larve se contente de prendre ces dernières et passe ainsi directement à l'état parfait sans subir la phase de nymphe. Chez quelques espèces dépourvues d'ailes à l'état adulte, comme les Poux, il arrive même que l'œuf produise d'emblée un insecte parfait. Dans ces cas, on dit que les métamorphoses sont *incomplètes*.

Ceux qui appartiennent à cette catégorie forment trois ordres : les *Orthoptères* (sauterelles), les *Hémiptères* (phylloxera, pou, punaise) et les *Orthonévropères* (*Libellules*). Tous les autres éprouvent des métamorphoses complètes.

3° *Exemple* : ÉVOLUTION DU PHYLLOXERA. — Les Pucerons (fig. 383) tels que le Phylloxera, présentent une évolution beaucoup plus complexe que la plupart des autres Insectes, et qu'il est nécessaire de connaître à cause des ravages considérables qu'ils ont occasionnés dans nos vignobles. Cette évolution se résume ainsi :

1° La femelle aptère G pond à l'automne un œuf unique A entouré d'une coque résistante, qu'elle dépose sous l'écorce du cep de vigne où il passe l'hiver (*œuf d'hiver*).

Vers le mois de mai, cet œuf d'hiver donne un puceron B dépourvu d'ailes, qui *émigre toujours sur les jeunes feuilles de vigne* où il forme une galle ouverte à la face supérieure en faisant saillie à la face inférieure.

Cette forme *gallicole* pond de 500 à 600 œufs qui éclosent au bout de huit jours et donnent d'autres pucerons aptères qui *émigrent sur les racelles de la vigne*, les piquent et y déterminent des nodosités qui s'opposent à l'absorption de la sève et font mourir la plante.

Chacune de ces formes *radicicoles* pond au bout d'une quinzaine de

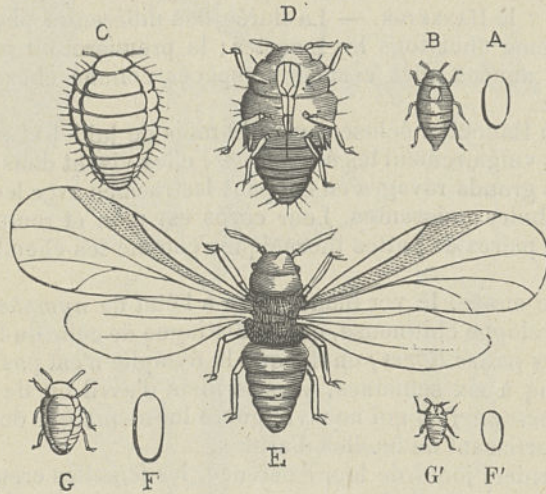


Fig. 383. — Évolution du phylloxera.

A. œuf. — B, jeune puceron femelle sorti de l'œuf. — D, le même adulte et aptère; surface ventrale en D et sa face dorsale en C. — E, insecte ailé. — F, gros œuf qui engendre une femelle G. — F', petit œuf qui engendre un mâle G.

jours une centaine d'œufs desquels sortent, au bout de quatre semaines, des pucerons semblables aux précédents. Ceux-ci pondent à leur tour chacun une centaine d'œufs qui éclosent un mois plus tard. Ces multiplications successives se continuent ainsi pendant six générations au moins, c'est-à-dire pendant toute la belle saison; elles produisent de la sorte un total de 100⁶ pucerons aptères *issus de chacune des formes radicicoles primitives*, et on conçoit qu'un tel nombre de pucerons ait bien vite épuisé les racines sur lesquelles ils vivent;

2° Parmi les pucerons nés en dernier lieu, à l'approche de l'automne, il y en a qui abandonnent les racines, montent le long de la tige et sont *pourvus d'ailes* (E, fig. 383).

Ces femelles ailées volent sur les pieds de vigne voisins et disséminent l'espèce: elles pondent en effet à la face inférieure des feuilles des œufs de deux grosseurs: les petits F' donnent des pucerons *mâles* G', les gros F des pucerons *femelles* G; les uns et les autres sont dépourvus d'ailes et de pièces buccales;

3° Chaque femelle G pond un œuf qu'elle dépose dans les fentes de

l'écorce et qui passera l'hiver grâce à sa coque résistante; puis le même cycle recommence.

CLASSIFICATION DES INSECTES

Elle est résumée dans le tableau suivant :

I. — MÉTAMORPHOSES COMPLÈTES

<i>Broyeurs.</i>	{ Ailes antérieures cornées ou <i>élytres</i> , ordre des.	COLÉOPTÈRES (hanneton).
	{ Quatre ailes membraneuses	NÉVROPTÈRES (fourmilion).
<i>Lécheurs.</i>	{ Quatre ailes membraneuses	HYMÉNOPTÈRES (abeille).
<i>Suceurs.</i>	{ Quatre ailes couvertes de fines écailles . . .	LÉPIDOPTÈRES (papillon).
<i>Piqueurs.</i>	{ Deux ailes	DIPTÈRES (mouche).

II. — MÉTAMORPHOSES INCOMPLÈTES

<i>Broyeurs.</i>	{ Sauteurs; ailes antérieures plus dures . . .	ORTHOPTÈRES (sauterelle).
	{ Quatre ailes semblables	PSEUDONÉVROPTÈRES (libellule).
<i>Piqueurs.</i>	{ Les deux ailes antérieures partiellement transformées en élytres	RHYNCHOTES OU HÉMIPTÈRES (pu-naise).
<i>Broyeurs.</i>	{ Insectes aptères, à métamorphoses presque nulles	THYSANOURES (lépisme).

I. — INSECTES A MÉTAMORPHOSES COMPLÈTES

1^{er} ORDRE. — Coléoptères.

Insectes broyeur à l'état larvaire et à l'état adulte; quatre ailes, dont les deux antérieures, appelées élytres, sont dures, cornées et forment une sorte d'étui qui recouvre les deux ailes au repos; celles-ci sont membraneuses, relativement longues; et se replient transversalement pour se cacher sous les élytres (fig. 384).

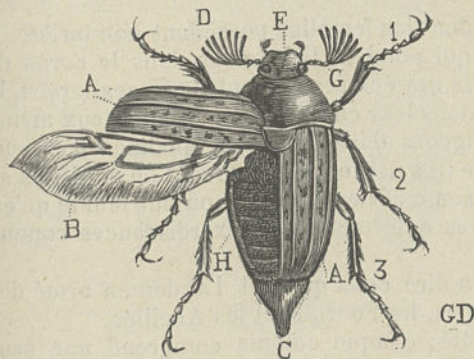


Fig. 384. — Hanneton.

A, élytre. — B, aile membraneuse. — E, tête. — D, antennes. — G, thorax. — H, abdomen; 1, 2, 3, les trois paires de pattes.



Fig. 385. — Cantharide.

C'est l'ordre le plus nombreux; 80 000 espèces environ. Les principales sont : le *Carabe doré*, très commun dans les champs; — le *Dytique*, carnassier aquatique, vivant d'insectes et de mollusques; — les *Hydrophiles*, herbivores aquatiques; — les *Lampyres* ou *vers lumineux* qui mangent les limaces et dont la femelle est aptère et phosphorescente; — les *Hannetons*

(fig. 384); — les *Lucanes* ou *cerfs-volants*; — les *Cantharides* (fig. 385), à élytres d'un vert brillant; elles vivent sur les frênes et sont utilisées pour les vésicatoires parce que leur sang renferme une substance irritante, la *cantharidine*; — les *Coccinelles* ou bêtes à bon Dieu, qui se nourrissent de pucerons; — les *Nécrophores* qui déposent leurs œufs dans les cadavres de petits mammifères ou d'oiseaux qu'ils enterrent ensuite, etc.

2° ORDRE. — Névroptères.

Insectes broyeur; quatre ailes membraneuses réticulées, parfois velues.

Principales espèces : le *Fourmilion*, qui ressemble à une Libellule à l'état adulte; sa larve se tient cachée au fond d'un petit entonnoir creusé dans le sable et ne laisse sortir qu'une pince formée par les deux mandibules; quand un insecte arrive sur le bord de l'entonnoir, le fourmilion lui lance des grains de sable, le fait rouler au fond et le dévore; — les *Phryganes*, dont les larves sont aquatiques et vivent enfermées dans des petits tubes qu'elles forment avec des grains de sable, des débris de bois, etc.; elles ont des branchies trachéennes. Certains calcaires de la fin du tertiaire sont pétris de ces tubes à Phryganes.

3° ORDRE. — Hyménoptères.

Insectes broyeur et lécheurs, parfois broyeur et humeurs (abeille); quatre ailes membraneuses à nervures peu nombreuses; l'abdomen relié au reste du corps par un pédicule étroit; femelles pourvues à l'extrémité de l'abdomen soit d'une tarière pour déposer les œufs, soit d'un aiguillon venimeux protractile. Larves quelquefois semblables à des chenilles, le plus souvent apodes.

On les divise en deux grands groupes, les *Térébrants* et les *Porte-aiguillons*.

1° Les *Térébrants* sont ceux dont les femelles possèdent une tarière. Ils comprennent : les *Ichneumons* qui pondent leurs œufs dans le corps des larves d'autres Insectes; les petits qui éclosent vivent dans ces larves, les dévorent dans la suite et restent dans leur carapace pour y subir eux-mêmes leurs métamorphoses. Ces mangeurs d'insectes sont qualifiés d'*entomophages*; — les *Cynips* qui sont de très petite taille et vivent en parasites sur les végétaux. La femelle dépose son œuf dans une tige ou une feuille qu'elle pique avec sa tarière; ces piqûres déterminent les excroissances connues sous le nom de *galles*;

2° Les *Porte-aiguillons*, c'est-à-dire ceux qui ont l'abdomen armé d'un aiguillon protractile, sont les Guêpes, les Fourmis et les Abeilles.

a. Les *Guêpes* vivent en société; chaque colonie comprend une seule femelle et des ouvrières; celles-ci construisent des nids à cellules hexagonales et nourrissent de matières sucrées les larves enfermées dans ces cellules. A l'automne apparaissent les mâles et les femelles; celles-ci seules passent l'hiver et fondent chacune une nouvelle colonie l'année suivante;

b. Les *Fourmis* (fig. 386 à 388) vivent également en sociétés et comprennent trois sortes d'individus, des *mâles ailés* tout noirs, des *femelles* à ailes rousses et à corps noir, et des *ouvrières* aptères. Celles-ci construisent les nids dans les bois ou sur terre, et dans ce dernier cas elles le surmontent d'une accumulation de brindilles et de matériaux divers (fourmilière); les

œufs tout blancs, sont déposés dans les chambres des nids ; quand ils sont éclos, les ouvrières nourrissent les jeunes larves (fig. 389) avec des matières sucrées qu'elles prennent dans les fruits, et même sur des pucerons qui sécrètent un liquide sucré et qu'elles vont lécher tout doucement ; ce sont également les ouvrières qui percent la coque de la nymphe quand elle est complètement développée et mettent l'Insecte parfait en liberté.



Fig. 386.
Fourmi rousse mâle.



Fig. 387.
Fourmi rousse femelle.



Fig. 388.
Fourmi rousse ouvrière.

c. Les Abeilles (fig. 390 à 392), ont des colonies qui renferment également trois sortes d'individus : les *ouvrières* qui sont les plus petits individus et sont armées d'un aiguillon, les *mâles* ou *faux-bourdons*, un peu plus gros que les ouvrières et dépourvus d'aiguillon, et enfin la *femelle* qui est toujours unique dans chaque essaim et qui s'appelle la *reine*. Elle seule pond des œufs : certains sont fécondés et donnent des *ouvrières* ou *femelles stériles*, d'autres ne sont pas fécondés et engendrent uniquement des *mâles* (Voir parthénogenèse, p. 15).

Chaque catégorie possède ses loges particulières ; celles des ouvrières sont hexagonales, celles des mâles arrondies et entremêlées avec les précédentes, et enfin celle de la reine ou *cellule royale*, qui est la plus grande de toutes, est pla-

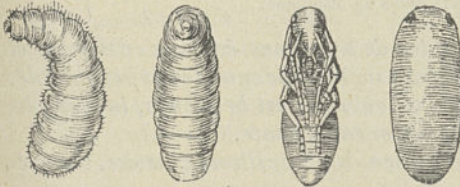


Fig. 389. — Fourmi rousse.
A gauche, sa larve ; la nymphe à différents états dans les trois autres figures.



Fig. 390. — Abeille ouvrière.

cée latéralement. Les ouvrières construisent les alvéoles avec la cire, matière grasse que sécrètent les glandes de leur abdomen (glandes cirières) ; elles la prennent avec leurs pattes postérieures et la malaxent avec leurs mandibules ; les loges sont toujours fixées sur deux assises parallèles avec une étonnante régularité.

La reine peut pondre jusqu'à 3000 œufs par jour et en dépose un dans chaque alvéole. L'œuf éclot trois jours plus tard et donne une *larve* qui devient rapidement une *nymphe*, puis un Insecte parfait qui est un *mâle* ou une *ouvrière*.

Les ouvrières nourrissent les larves avec une sorte de pâtée formée de pollen et de miel. Le miel est formé par le nectar des fleurs que l'ouvrière a absorbé dans son jabot et où elle lui a fait subir une modification particulière, à la suite de laquelle elle le ramène dans sa bouche, transformé en miel.

Parmi les adultes issus des œufs pondus par la reine, il se trouve parfois une femelle capable de pondre des œufs, c'est-à-dire une reine. Elle occupait une loge plus vaste (loge royale) et les ouvrières la nourrissaient d'une



Fig. 391. — Abeille mâle ou faux-bourdon.



Fig. 392. — Abeille femelle ou reine.

pâtée royale plus riche en miel. L'ancienne reine, à l'arrivée de la nouvelle, émigre avec un certain nombre d'ouvrières et va former un nouvel essaim. Ou bien les deux reines se livrent un combat jusqu'à ce que l'une d'elles soit tuée. Si toutes deux trouvent la mort, les ouvrières servent la pâtée royale à une larve qui devient la reine de l'essaim.

4^e ORDRE. — Lépidoptères ou Papillons.

Quatre ailes membraneuses couvertes de très fines écailles colorées et imbriquées; mâchoires allongées en forme de trompe spiralée et déroulable, destinée à humer les liquides. La larve ou chenille est broyeuse, la nymphe ou chrysalide souvent enveloppée dans un cocon de soie.

On les divise en trois grandes catégories, les *Papillons diurnes*, les *crépusculaires* et les *nocturnes*.

Les *Papillons de jour* ont les ailes relevées verticalement au repos, les extrémités des antennes renflées en massue, les chrysalides suspendues par la queue ou attachées par une sorte de ceinture en soie. Citons : les *Piérides* ou papillons du chou; les *Vanesses* au Paon du jour, aux ailes d'un rouge brique, dont la chenille vit sur les orties, et une foule de petits papillons aux couleurs éclatantes.

Les *papillons crépusculaires* ou Sphinx ont les ailes horizontales au repos, les nymphes vivent dans la terre : le *Sphinx tête de mort* dont la larve vit sur la pomme de terre.

Les *Papillons nocturnes* ont des antennes effilées ou en forme de peigne. Citons le *Bombyx du mûrier* ou ver à soie (fig. 382); le *Saturnia pyri* ou grand Paon de nuit; les *Teignes* des fruits, des tapisseries et des fourrures; les

Pyrales de la vigne, dont les chenilles dévorent les jeunes bourgeons ; les *Phalènes* dont les chenilles vivent sur les arbres fruitiers, etc.

5^e ORDRE. — Diptères.

Insectes parfois lécheurs, parfois piqueurs et suceurs ; deux ailes antérieures ; les postérieures sont réduites à deux petites massues ou balanciers qui servent d'organes sensoriels. Larves toujours apodes.

Cet ordre comprend en premier lieu la famille des *Moustiques* ou *Culicidés*, dont les femelles piquent à l'aide de leur trompe la peau des Mammifères et de l'homme pour sucer le sang, tandis que les mâles se contentent d'un régime végétarien.

Parmi eux se trouvent les *Cousins* ou *Culex* de nos pays ; les *Anophèles*.

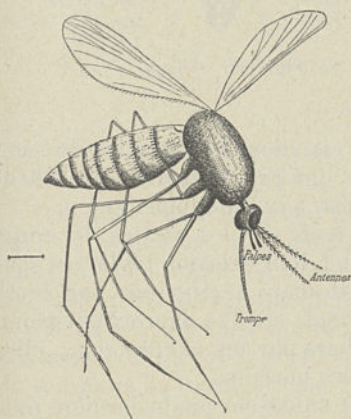


Fig. 393. — Cousin ou *Culex* femelle.

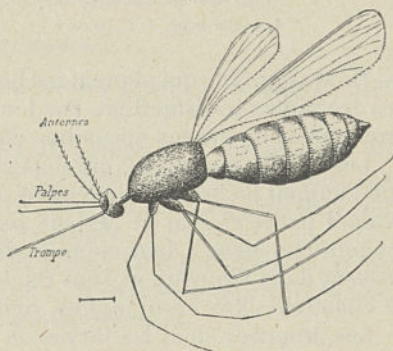


Fig. 394. — *Anophèle*.

qui transmettent à l'homme les parasites des fièvres palustres (p. 434) ainsi que la *Filaire* du sang (p. 479) ; les *Stomoxys* qui communiquent une autre espèce de *Filaire* au bétail qu'ils piquent (p. 479) ; — les *Stégomia* qui, croit-on, propagent les germes de la fièvre jaune.

Les œufs des *Moustiques* sont pondus à la surface de l'eau et donnent au bout de deux jours des larves aquatiques ressemblant à des petits Vers ; celles des *Cousins* respirent par un orifice placé à l'extrémité d'un petit tube oblique que porte la partie postérieure du corps (2, fig. 395).

Au bout de vingt à trente jours, la larve se transforme en une *nymphe* qui vit également dans l'eau. Enfin, cinq jours plus tard, la nymphe se maintient immobile à la surface de l'eau, ses téguments dorsaux se dessèchent et se fendent à l'air, et il en sort l'*insecte adulte* qui prend son vol.

Pour se défendre contre les *Anophèles* dans les pays à paludisme, il faut garnir les portes et les fenêtres de moustiquaires en treillis de fil de fer galvanisé, et détruire leurs larves en versant du pétrole à la surface des mares (10 centimètres cubes par mètre carré).

Les *Cousins* ou *Culex* de nos pays ne propagent pas les *Hémamibes* des fièvres palustres et sont seulement désagréables par leurs piqûres ; leurs femelles ont le corps bossu (fig. 393) et se distinguent ainsi des *Anophèles* qui

ont le corps rectiligne (fig. 394). Les mâles qui se contentent du suc des fruits et des fleurs, se reconnaissent à leurs antennes plumeuses (1, fig. 395). Leurs larves qui sont aquatiques se tiennent la tête en bas et respirent par des stigmates situés à l'extrémité de deux prolongements abdominaux (2, fig. 395).

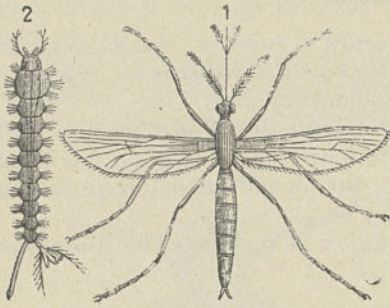


Fig. 395. — Cousin.
1, adulte mâle, — 2, larve.



Fig. 396. — Taon.

les *Taons* (fig. 396) qui piquent les bœufs et les chevaux; les femelles du Taon des tropiques transmettent par leurs piqûres des Trypanosomes (p. 432) et provoquent de graves épizooties dans les Indes, aux Philippines, etc.

Les *Œstres du cheval*, qui déposent leurs œufs sur les parties du corps que l'animal lèche habituellement, de sorte qu'à leur éclosion les larves sont avalées par le cheval et restent dans son estomac accrochées par leurs mandibules jusqu'à leur complet développement: elles se décrochent alors, passent dans l'intestin et sont rejetées au dehors par les excréments; elles se changent alors en nymphes, puis en insectes parfaits.

Les *Mouches*, dont les larves ou *asticots* ne subissent pas la dernière mue pour se transformer en nymphes.

Il existe la Mouche domestique (*Musca domestica*), la grosse Mouche bleue de la viande (*Calliphora*) et la Mouche piquante d'automne (*Stomoxis*), dont la trompe est horizontale et qui peut être charbonneuse.

Vient ensuite la Mouche *tsé-tsé* qui est le fléau de l'Afrique centrale; son

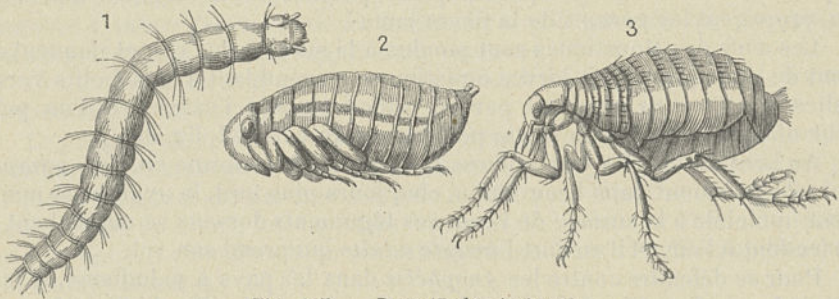


Fig. 397. — Puce (*Pulex irritans*).
1, larve. — 2, nymphe. — 3, adulte.

bourdonnement particulier fait l'effroi de tous les animaux domestiques, bien qu'elle ne soit guère plus grosse que la mouche ordinaire, avec des raies jaunes transversales sur l'abdomen; ses piqûres sont mortelles pour

le cheval, le bœuf et le chien auxquels elle inocule des Trypanosomes spéciaux (p. 432) qu'elle prend vraisemblablement sur des animaux sauvages tels que les buffles et les antilopes (maladie du *Nagana*).

Parmi les hommes, les nègres de l'Afrique équatoriale paraissent le plus souffrir de la mouche tsé-tsé; c'est une mouche proche parente de cette dernière, la *Glossina palpalis*, qui leur communique les Trypanosomes de la maladie du sommeil (p. 432). Les mulâtres, les Maures et même les Européens ne semblent pas être à l'abri de la maladie.

Les *Puces* (fig. 397), dépourvues d'ailes, avec de grandes pattes postérieures propres au saut. On les regarde comme des agents actifs de la propagation de la peste dans les régions de l'Inde où cette maladie est endémique; elles quittent les cadavres des rats pestiférés, dont elles ont sucé le sang, pour se porter sur d'autres rats et sur l'homme qu'elles contaminent par leurs piqûres.

II. — INSECTES A MÉTAMORPHOSES INCOMPLÈTES

1^{er} ORDRE. — Thysanoures.

Insectes dépourvus d'ailes, à métamorphoses à peu près nulles; n'ont généralement que des ocelles.

Cet ordre ne comprend qu'un très petit nombre de formes qui sont les plus primitives, non seulement parce qu'elles manquent d'ailes, mais parce que leur corps est formé d'une série d'anneaux à peu près tous semblables, ce qui les rapproche de certains Crustacés.

Citons les *Lépismes* qui sont argentés et vivent dans les livres et le linge des armoires; ils ont onze anneaux à l'abdomen faisant suite aux trois anneaux du thorax et se terminant par trois longs prolongements.

2^e ORDRE. — Orthoptères.

Insectes broyeur à tout âge; quatre ailes, les antérieures dures et résistantes souvent impropres au vol et se rabattant longitudinalement sur la face dorsale de l'abdomen (élytres); les postérieures sont minces et plissées en éventail au repos.

Les *Cafards* ou *Cancrelats* (blattes) qui vivent surtout dans les boulangeries et les cheminées; — les *Forficules* ou perce-oreilles; — les *Criquets* qui commettent de grands dégâts en Afrique; les femelles sont dépourvues d'oviscapte; — les *Sauterelles*, dont les femelles possèdent au contraire un long oviscapte; — les *Grillons*, dont les mâles font du bruit en frottant leurs élytres; — les *Courtilières* aux pattes de devant très fortes et très élargies pour fouir le sol; elles mangent les racines et sont très nuisibles aux cultures; etc. Tous ces Insectes, sauf les Cafards et les Forficules, ont les pattes de derrière très longues et sont ainsi organisés pour le saut.

3^e ORDRE. — Pseudonévroptères.

Insectes broyeur à tout âge; quatre ailes membraneuses comme les Névroptères et métamorphoses comme les Orthoptères.

Les *Libellules* ou Demoiselles (fig. 398) dont les larves sont aquatiques avec des branchies logées dans le rectum; — les *Ephémères*, dont les larves

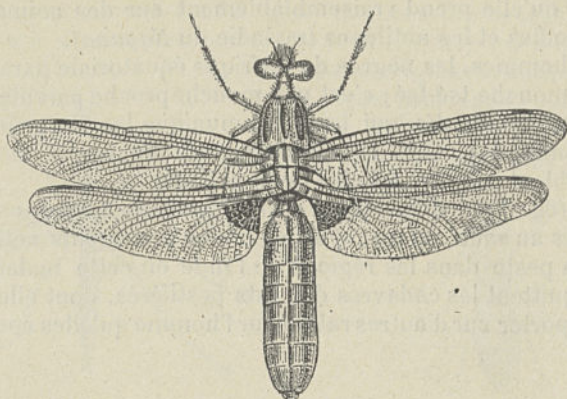


Fig. 398. — Libellule.

chies trachéennes (fig. 377) ; l'adulte ne vit guère qu'un jour, le temps de pondre ses œufs.

4^e ORDRE. — Hémiptères ou Rhynchotes.

Insectes piqueurs et suceurs à tout âge, armés de quatre stylets enfermés dans une trompe ou rostre (rhynx, bec) ; quatre ailes dont les deux premières sont souvent transformées en demi-élytres (leur base est cornée et leur extrémité reste membraneuse) ; quelquefois les quatre ailes sont membraneuses ou les deux antérieures sont des élytres complets ; larves ne différant des adultes que par l'absence d'ailes.

Les Punaises des bois et des lits (fig. 399) ; — les Nêpes et les Randres,



Fig. 399. — Punaise des lits.
Cimex lectularius.

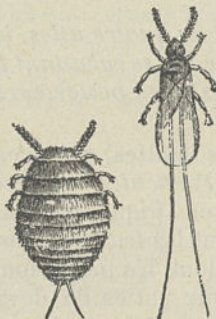


Fig. 400. — Cochenille.
1, femelle. — 2, mâle.



Fig. 401. — Pou de tête
(*Pediculus capititis*).

espèces de punaises vivant dans l'eau ; — les *Cigales*, dont les mâles font entendre un bruit strident avec un appareil musical situé sous leur abdomen ; — les *Pucerons* aux espèces nombreuses, qui produisent des dégâts sur beaucoup de végétaux ; — le *Phylloxera* de la vigne ; — les *Cochenilles* (fig. 400), dont les femelles vivent immobiles sur les plantes, le rostre enfoncé dans les tissus végétaux ; une espèce originaire du Mexique produit le carmin ;

d'autres espèces produisent la résine connue sous le nom de laque et le kermès; — les *Poux* (fig. 401), qui vivent en parasites sur les oiseaux et les mammifères et n'ont pas de métamorphoses.

CLASSE II. — ARACHNIDES

Le corps est formé de deux parties, un céphalothorax et un abdomen qui sont souvent séparés par un étranglement très accusé. Quatre paires de pattes locomotrices portées par le céphalothorax. Respiration par des trachées.

La tête est dépourvue d'antennes et ne porte que deux paires d'appendices, les *chéllicères* et les *pattes-mâchoires*. Les chéllicères occupent la position des antennes et sont des organes de préhension terminés par une pince ou par des griffes; une glande venimeuse s'ouvre fréquemment à leur extrémité. Quant aux pattes-mâchoires, elles ne servent pas à la mastication comme chez les autres Arthropodes, car les Arachnides ne se nourrissent guère que de liquides; elles servent d'organes sensoriels chez les araignées et ont la forme de grosses pinces préhensibles chez les Scorpions.



Fig. 402.
Araignée tarentule à ventre noir.

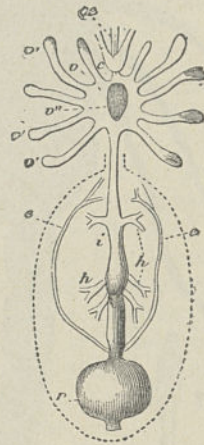


Fig. 403. — Tube digestif de l'Araignée.
œ, œsophage. — v, estomac avec ses diverticules v, v'; i, intestin. — h, conduits du foie. — e, tubes de Malpighi. — r, rectum.

L'abdomen ne forme qu'une seule masse molle et globuleuse chez les Araignées: chez les Scorpions, il est segmenté et comprend une douzaine d'anneaux qui se terminent par un long aiguillon venimeux (fig. 404).

Le *tube digestif* des Araignées présente quelques particularités intéressantes (fig. 403): l'œsophage œ s'ouvre dans un *jabot aspirateur* que des muscles voisins tirent et font dilater, provoquant ainsi l'aspiration des liquides.

L'estomac v qui vient ensuite possède cinq paires de cæcums latéraux v' v' ... qui pénètrent souvent dans les pattes correspondantes.

Enfin l'intestin i se renfle en un large rectum r et reçoit à cet endroit deux *tubes de Malpighi* (e). Il existe un *foie* qui est tellement volumineux qu'il remplit à lui seul toute la cavité abdominale; son produit s'écoule dans l'intestin par de nombreux conduits h.

La *respiration* s'effectue chez quelques espèces par des trachées semblables à celles des Insectes, mais chez la plupart elle se produit dans des

sacs de structure particulière, appelés des *poumons*, et tout à fait spéciaux aux Arachnides. Un poumon peut être regardé comme un grand nombre de ramifications trachéennes qui se seraient dilatées et aplaties, en se superposant les unes aux autres comme les feuillets d'un livre. L'air extérieur pénètre

dans les compartiments d'un même poumon par un stigmate situé sous l'abdomen, puis en traverse les parois très minces pour passer dans le sang qui remplit les intervalles des différents feuillets. Les Scorpions possèdent quatre paires de ces sacs; certaines Araignées n'en ont que quatre, d'autres deux; mais chez

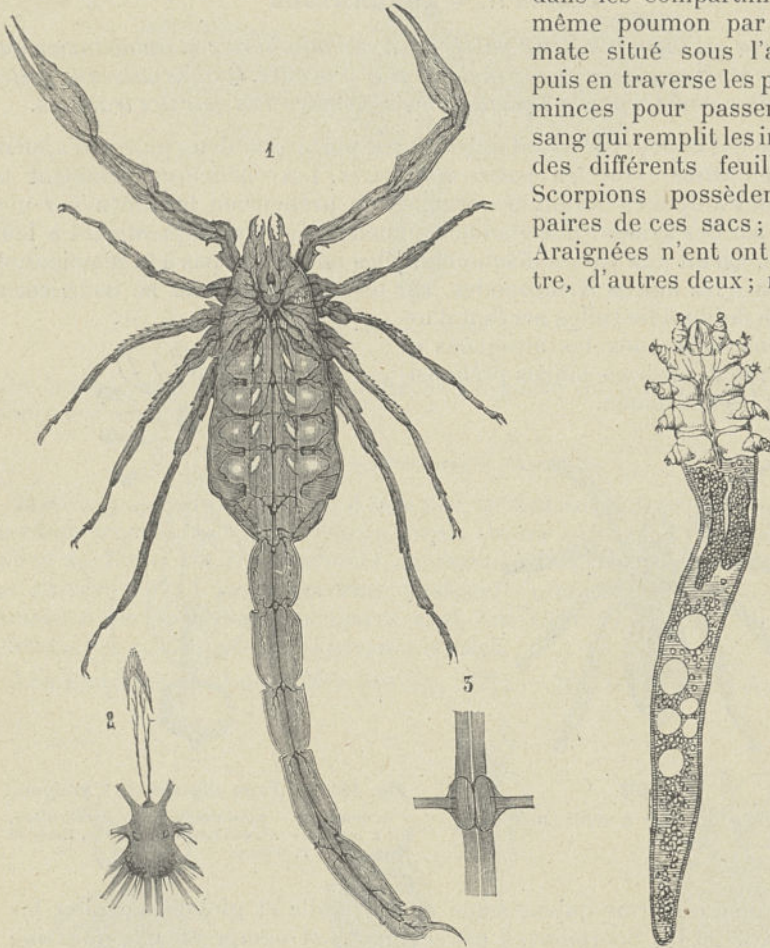


Fig. 404. — Scorpion, face dorsale.
La chaîne nerveuse est représentée.

Fig. 405. — Démodex de l'homme,
face ventrale.

ces dernières, il existe deux buissons de trachées qui tiennent la place des deux poumons qui manquent.

La *circulation* s'effectue d'une manière générale comme chez les Crustacés. Le sang qui sort des organes se rend à l'appareil respiratoire et de là dans le cœur dorsal qui le renvoie dans les différentes parties du corps.

Le *système nerveux* présente deux dispositions différentes suivant la forme du corps. Chez les Scorpions, dont le corps est allongé et l'abdomen segmenté, on trouve : 1° un cerveau ; 2° un ganglion sous-œsophagien énorme, formé par la fusion de neuf paires de ganglions correspondant à des

anneaux soudés et réuni au cerveau par un collier œsophagien ; 3° une chaîne nerveuse ventrale comprenant sept ou huit paires de ganglions fusionnés deux par deux et s'étendant jusqu'à l'extrémité de l'abdomen.

Chez les Araignées, dont le céphalothorax est court et l'abdomen globuleux, les différents ganglions de la chaîne ventrale se sont au contraire tous soudés les uns avec les autres et le système nerveux ne comprend plus que deux parties : un *cerveau* situé au-dessus de l'œsophage et un énorme *ganglion sous-œsophagien* formé par la réunion de tous les ganglions correspondant aux segments soudés.

Les yeux sont toujours simples.

La classe des Arachnides se subdivise en trois ordres principaux : les *Scorpionides*, les *Aranéides* et les *Acariens*.

1° Les *Scorpionides* comprennent les Scorpions (fig. 404), dont deux espèces principales habitent le midi de la France : l'une jaune, avec aiguillon noir, atteint 8 centimètres de long ; l'autre brune, avec aiguillon jaune, n'a que 3 à 4 centimètres. Une espèce du Gabon atteint 20 centimètres. Possèdent quatre paires de poumons et pas de trachées.

Le dernier anneau de l'abdomen renferme deux glandes à venin dont les conduits s'ouvrent à l'extrémité de l'aiguillon ; le venin est mortel pour les petits animaux, même pour les Oiseaux ;

2° Les *Aranéides* renferment les différentes espèces d'Araignées. Elles possèdent des glandes spéciales qui sécrètent l'espèce de soie avec laquelle elles fabriquent leurs toiles (glandes séricigènes). A l'extrémité de l'abdomen il existe quatre ou six petits appendices articulés que l'on appelle les *filières* et dont la surface porte un grand nombre de petits tubes, fins comme des poils ; il y en a souvent une centaine par filière. Chacun d'eux est le conduit excréteur d'une petite glande séricigène ; la substance de cette dernière est visqueuse et se solidifie très rapidement à l'air ; mais les pattes postérieures réunissent toujours deux ou quatre fils ensemble au moment de leur sortie pour donner plus de solidité à la toile.

Les principales formes sont :

Les *Mygales*, grandes Araignées velues de l'Amérique du Sud, atteignant 8 centimètres de longueur ; habitent dans des tubes qu'elles se creusent dans le sol et qu'elles recouvrent d'un couvercle mobile ; quatre poumons, quatre filières et huit yeux, — l'*Araignée domestique* ou *Tégénaire* qui tisse une toile horizontale ; — l'*Epeïre* qui a une croix sur l'abdomen et tisse une toile verticale : — les *Tarentules* qui vivent en Italie et qui mesurent de 2 à 3 centimètres ; ne font pas de toile pour attraper leur proie et bondissent sur elle.

Toutes les Araignées possèdent deux poumons, des branchies et six filières ;

3° Les *Acariens* sont des Arachnides de très petite taille, sans aucune trace de segmentation du corps. Beaucoup sont parasites et ont leurs pièces buccales transformées en suçoir pour absorber les liquides. Quelques-uns ont des trachées, mais le parasitisme a produit chez les autres une dégradation très sensible à tel point que le cœur et l'appareil respiratoire n'existent plus : la respiration se fait par la peau. Ils ne possèdent que trois paires de pattes à l'éclosion et subissent toujours trois ou quatre mues.

Les principaux sont : les *Ixodes* ou *Tiques* dont les femelles se fixent à

l'aide de leurs pattes et de leurs mâchoires à la peau des animaux domestiques, leur sucent le sang et peuvent leur inoculer des parasites dangereux

(*Piroplasmés*, p. 434) qui sont les germes de la *malaria animale*. Les mêmes femelles, quand elles sont pleines d'œufs, décuplent de volume au point d'atteindre la taille d'une graine de ricin et meurent après la ponte. Tel est l'*Ixode ricin* qui vit sur le chien et n'a que 2 millimètres au début; — les *Tyroglyphes* qui vivent dans le fromage, dans la farine; — les *Sarcoptes de la gale* (fig. 406) dont la femelle vit dans des galeries creusées à travers l'épiderme de l'homme, où elle dépose 10 à 14 œufs qui éclosent au bout de quelques jours; la maladie qui résulte de sa pullulation porte le nom de *gale*; les Mammifères et les Oiseaux possèdent aussi leurs gales particulières; — les *Démodes*

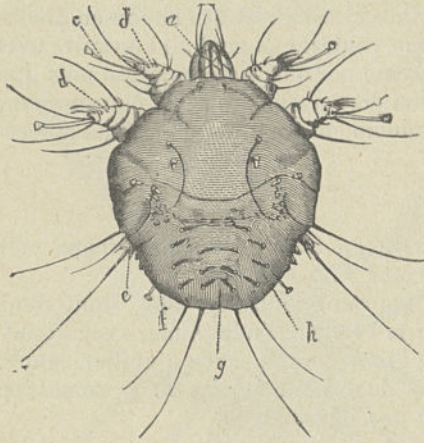


Fig. 406. — Sarcopte de la gale.

a, 1^{re} paire de membres. — d et d, 2^e et 3^e paires terminées par une petite ventouse c. — e, 4^e paire. — g, anus.

(fig. 405) qui vivent dans les follicules sébacés et pileux ainsi que dans les conduits des glandes sébacées chez l'homme et les Mammifères.

CLASSE III. — MYRIAPODES

Le corps est formé d'une tête suivie d'un grand nombre d'anneaux qui se ressemblent tous, de sorte qu'on ne distingue pas de thorax ni d'abdomen.

La tête porte cinq paires d'appendices comme chez les Insectes : une paire d'antennes et quatre paires de pièces buccales (lèvre supérieure, deux mandibules quatre mâchoires) (fig. 408).

Le nombre des anneaux qui suivent la tête est très variable; il atteint 200 chez certaines espèces. Chacun d'eux porte toujours une ou deux paires de pattes articulées.

Les différents organes présentent beaucoup de rapports avec ceux des Insectes. Ainsi :

L'appareil respiratoire consiste en des trachées qui reçoivent l'air par des stigmates, lesquels sont souvent distribués régulièrement à raison d'une paire par anneau.

Le cœur est un long tube dorsal formé d'une série de compartiments, à raison d'un par segment et recevant le sang par des orifices latéraux.

Le tube digestif étendu d'une extrémité à l'autre du corps possède des glandes salivaires et plusieurs tubes de Malpighi (fig. 407).

Enfin le système nerveux se compose comme chez tous les Arthropodes d'un cerveau situé au-dessus de Pæsophage, d'un ganglion sous-œsophagien relié au cerveau par un collier, et d'une chaîne ventrale qui s'étend jusqu'à l'extrémité du corps; elle comprend très régulièrement une paire de ganglions par chaque segment.

La classe des Myriapodes se subdivise en deux ordres, les *Chilopodes*, qui ont une paire de pattes par segment et les *Diplopodes* qui en possèdent deux.

Les *Chilopodes* ont le corps aplati et comprennent en particulier les *Scolopendres* ou Mille-pieds ; elles possèdent 21 paires de pattes, une glande venimeuse et sont carnassières. Les grandes espèces exotiques qui dépassent 30 centimètres de longueur sont dangereuses par leurs morsures.

Les *Diplopodes* ont le corps cylindrique, sont végétariens et ne possèdent qu'une paire de mâchoires. Ils comprennent : les *Gloméris* qui peuvent se rouler en boule comme les Cloportes ; les *Iules* qui ont près de 100 segments et s'enroulent en spirale.

Tous les Myriapodes vivent le plus souvent dans les lieux sombres et humides, cachés sous les pierres ou les feuilles.

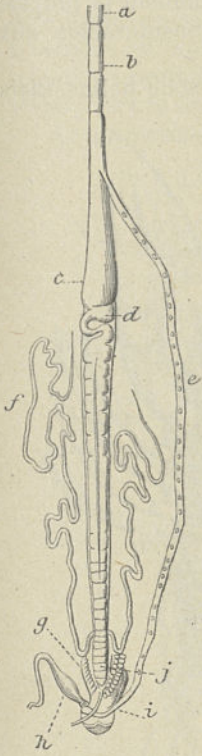


Fig. 407. — Tube digestif de Scolopendre.
a, pharynx. — b, œsophage. — c, estomac. — d, intestin. — j, rectum. — f, tube de Malpighi.

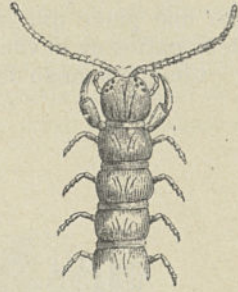


Fig. 408. — Partie antérieure d'une Scolopendre.

CLASSE IV. — CRUSTACÉS

Les Crustacés sont caractérisés par la soudure de la tête et des anneaux du thorax en une pièce unique, le céphalothorax, qui est recouvert par une carapace également d'une seule pièce. L'abdomen qui suit est formé d'un certain nombre d'anneaux distincts comme ceux des Insectes.

Le céphalothorax porte des pattes ambulatoires formées chacune d'un certain nombre de pièces articulées, comme cela a lieu chez tous les Arthropodes. Un groupe important, les Décapodes (écrevisse, homard, etc.), possède cinq paires de pattes.

La carapace chitineuse est imprégnée de sels calcaires (50 p. 100 chez l'écrevisse) qui lui donnent une plus grande résistance.
La respiration est branchiale.

Pour étudier l'organisation de ces animaux, prenons comme type l'Écrevisse (fig. 409 et 410).

Son corps présente d'une manière très nette un céphalothorax (sc, bc, fig. 409) et un abdomen formé de sept anneaux mobiles.

La partie antérieure du céphalothorax porte : 1° deux gros yeux fixés sur des pédoncules (1) ; 2° deux paires d'antennes tactiles, les unes grandes et simples (3), les autres petites et bifurquées (2) (antennules) ; 3° à la face inférieure se trouve la bouche, entourée de cinq paires de pattes qui se sont modifiées pour servir à la mastication.

Ce sont, d'avant en arrière : une paire de mandibules, deux paires de mâchoires et trois paires de pattes-mâchoires ; ces dernières sont les moins

modifiées et les articles successifs dont elles sont composées montrent bien leur parenté avec les pattes locomotrices qui suivent.

Celles-ci, au nombre de cinq paires (10 à 14), se terminent la plupart par une pince qui prend des dimensions relativement considérables aux deux pattes de devant.

Chaque anneau de l'abdomen porte également une paire de pattes, mais

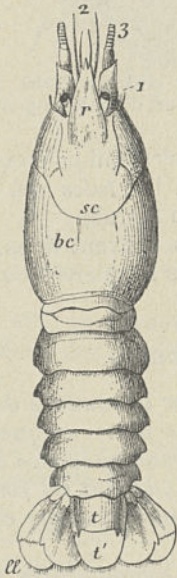


Fig. 409. — Ecrevisse vue par sa face dorsale.

1, pédoncules des yeux. — 2, antennes. — 3, antennes. — r, rostre. — sc et bc, le céphalothorax, suivi des 7 anneaux de l'abdomen. — t et t', le telson. — ll, nageoires caudales.

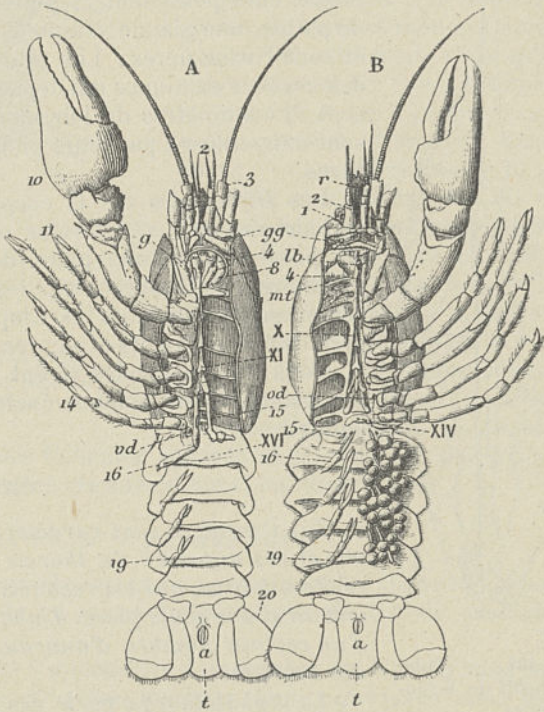


Fig. 410. — Ecrevisse vue par sa face inférieure.

A, mâle. — B, femelle.

1, pédoncule oculaire. — 2, antennule. — 3, antenne. — 4, 8 et 9, pièces des mâchoires. — 10, pince ou 1^{re} patte thoracique. — 11 à 14, les quatre autres pattes thoraciques. — 15, 16..., 19 et 20, fausses pattes de l'abdomen. En B, ces fausses pattes portent les œufs. — a, anus. — g, g, orifice de la glande verte.

elles sont toujours petites, bifurquées et servent de rames (15 à 20, fig. 410). Le septième et dernier anneau ou *telson*, en est dépourvu ; avec les pattes de l'avant-dernier anneau, qui sont également aplaties, il forme la nageoire caudale.

Le nombre total des appendices est donc de 19 paires, correspondant chacune à un segment du corps et se subdivisant ainsi : 2 paires d'*antennes*, 1 paire de *mandibules*, 2 paires de *mâchoires*, 3 paires de *pattes-mâchoires*, 5 paires de *pattes ambulatoires* (ce qui fait 13 paires pour le céphalothorax) et enfin 6 paires d'*appendices abdominaux* ; le 20^e segment ou *telson* en est dépourvu.

Le *tube digestif* (fig. 411 et 412) s'étend d'une extrémité à l'autre du

corps. Il commence par un œsophage *œ* qui, après un court trajet vertical, s'ouvre dans l'estomac *cs* et *ps*, large poche dont les parois présentent trois épaisissements chitineux *d* et *e* (fig. 412) à bords dentés, que deux paires de muscles puissants *b* et *f* actionnent pour achever la trituration des aliments. L'intestin qui vient ensuite est rectiligne et s'ouvre à la face inférieure du telson. Sa première partie reçoit le produit d'une glande brune très volumineuse, formée de très nombreux lobes *h* et que l'on regarde comme un foie.

Au printemps, l'estomac des écrevisses renferme deux concrétions de

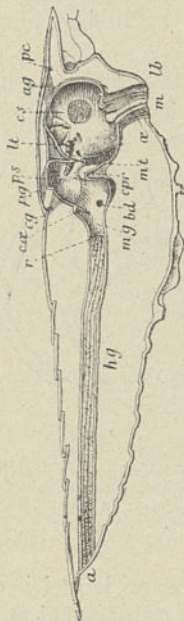


Fig. 411. — Écrevisse coupée en long pour montrer son tube digestif.

m, bouche. — *œ*, œsophage. — *cs*, et *ps*, l'estomac. — *hg*, intestin. — *a*, anus.

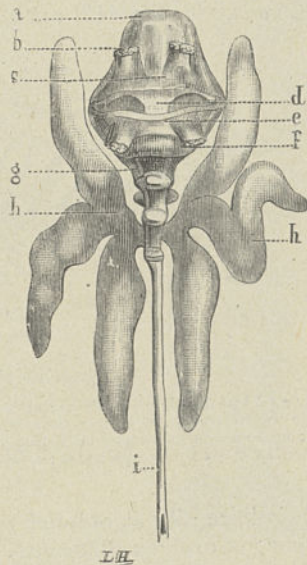


Fig. 412. — Tube digestif de l'écrevisse vu par la face dorsale.

a, estomac avec ses quatre muscles *b* et *f*. — *d* et *e*, pièces solides de l'estomac. — *g*, pilore. — *h*, *h*, diverticules du foie. — *i*, intestin.

phosphate et de carbonate de calcium (*yeux d'écrevisse*) qui se dissolvent et servent à la reconstitution de la carapace après la mue.

L'appareil respiratoire se compose de branchies (*br*, 413) placées de chaque côté dans une cavité ou chambre branchiale, comprise entre la paroi du corps et la carapace du céphalothorax ; cette dernière est en effet jetée sur le dos de l'écrevisse à la façon d'une couverture qui pend de chaque côté, en laissant à droite et à gauche une cavité qui communique avec l'extérieur par une large fente.

On compte 18 branchies de chaque côté du corps, fixées à la base des pattes ambulatoires et des deux dernières pattes-mâchoires, sur quatre rangées parallèles (fig. 410).

Chaque branchie se compose d'une petite tige, le long de laquelle sont fixés de nombreux filaments qui forment une sorte de plumet conique. Elles

sont grisâtres parce que le sang ne renferme que des globules blancs, avec un pigment incolore qui sert de véhicule à l'oxygène tout comme l'hémoglobine, et que l'on appelle l'*hémocyanine* parce qu'il bleuit au contact de l'oxygène.

L'*appareil circulatoire* (fig. 413) est beaucoup plus différencié que celui des Insectes, car il comprend non seulement un cœur, mais encore des artères et des veines; il est vrai que les vaisseaux capillaires manquent pour établir la continuité entre ces deux ordres de vaisseaux et qu'ils sont remplacés par des lacunes sanguines, dans lesquelles plongent les organes.

1° Le cœur (*c*, fig. 413) est placé sous la carapace dorsale et a une forme

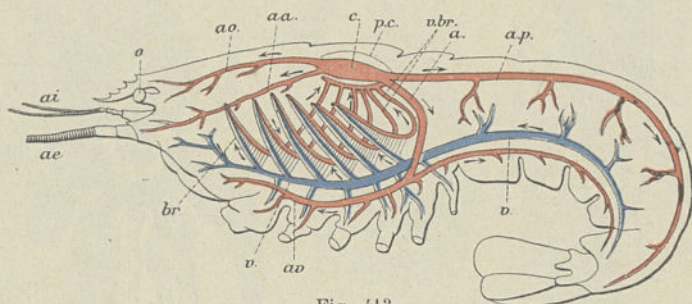


Fig. 413.

Système circulatoire du homard.

Le cœur *c* est logé dans le péricarde *pc*; artères des antennes *ao* et artère hépatique *aa*; en arrière, l'artère abdominale supérieure *ap*, et l'artère sternale *a* qui se continue inférieurement dans l'abdomen et dans les pattes *av*; *v*, sinus veineux sanguin qui envoie des vaisseaux *br* dans les branchies; de celles-ci il sort les vaisseaux artériels *vbr* qui vont au péricarde; *o*, œil; *ae*, antennes; *ai*, antennule.

quadrangulaire; il est entouré par un péricarde *pc* avec lequel il communique par six orifices différents, munis de valvules, qui laissent seulement passer le sang du péricarde dans le cœur.

2° Le cœur envoie en avant cinq artères différentes: une impaire qui se rend aux yeux (*artère ophthalmique*) et deux paires qui se rendent aux antennes et au foie (*artères antennaires* et *artères hépatiques*).

En arrière il en envoie deux: l'*artère abdominale supérieure* (*ap*) qui suit la face dorsale de l'intestin jusqu'à l'extrémité du corps, et l'*artère sternale* *a* qui s'enfonce perpendiculairement vers la face ventrale et se bifurque pour donner les deux branches de l'*artère abdominale inférieure* (*av*), laquelle nourrit en particulier les pattes.

3° En sortant des dernières ramifications artérielles, le sang tombe dans des lacunes et baigne les organes. Puis il se rassemble dans une sorte de grand *sinus ventral* *v* d'où il passe dans les branchies par des vaisseaux afférents *br* (*artères branchiales*). Une fois chargé d'oxygène, il est emmené par six vaisseaux efférents *vbr* (*veines branchiales*) dans le péricarde d'où il passe finalement dans le cœur.

Le *système nerveux* (fig. 414) se compose de deux parties comme celui des autres Arthropodes, le *cerveau* et la *chaîne ventrale*.

Le *cerveau* comprend une masse nerveuse située au-dessus de l'œsophage

et appelée le *ganglion sus-œsophagien*, lequel est formé en réalité par la fusion de trois paires de ganglions qui innervent les yeux, les antennes et les antennules.

La *chaîne ventrale* débute par une *masse sous-œsophagienne* reliée à la précédente par un collier œsophagien et envoyant des filets nerveux aux différentes pièces buccales. Elle se continue par une file de 10 paires de ganglions (4 thoraciques et 6 abdominaux) intimement unis deux à deux.

L'*appareil excréteur* est représenté chez l'Ecrevisse par deux glandes d'un vert sombre (glande verte) qui sont situées de chaque côté dans une petite dépression correspondant à la base de l'antenne. Le produit s'accumule dans un sac qui s'ouvre à l'extérieur par un petit conduit à la base de l'antenne (*gg*, fig. 410).

Le produit sécrété est un déchet de nature azoté voisin de l'acide urique, mais un peu moins oxydé et qui s'appelle la *guanine*.

Comme *organes des sens*, les Ecrevisses possèdent deux yeux composés portés chacun à l'extrémité d'un pédoncule (1, fig. 409). Quelques espèces, comme le *Cyclope* (fig. 418), n'ont qu'un *œil simple*, impair, situé sur le milieu de la tête. Les organes auditifs sont situés à la base des antennes et ont été décrits antérieurement (p. 190).

CLASSIFICATION. — Les Crustacés se divisent en deux grands groupes, les *Malacostracés* et les *Entomostracés*.

1° Les *Malacostracés* possèdent 19 paires d'appendices et 7 segments à l'abdomen comme les Ecrevisses. Parmi eux, il y en a dont les yeux ne sont pas portés par un pédoncule; ils sont qualifiés pour cela d'*édriophthalmes* (*edraïos*, immobile; *ophthalmos*, œil); tels sont les *Crevettes* d'eau douce (*Gammarus*) et les *Cloportes* qui vivent dans les endroits humides et se roulent en boule; leurs anneaux thoraciques sont libres et non recouverts par une carapace céphalothoracique.

Les autres *Malacostracés* ont des yeux pédonculés et une carapace dorsale comme l'Ecrevisse: ce sont les *podophthalmes* (*pous*, *podos*, pied, *ophthalmos*, œil). Ils renferment un grand nombre d'espèces qui diffèrent surtout par la forme des appendices de la tête et du thorax; on les répartit en trois groupes:

a. Ceux dont les trois paires de pattes-mâchoires et les cinq paires de pattes ambulatoires *se ressemblent toutes*, comme chez les *Euphausia* qui vivent dans les grandes profondeurs (fig. 415).

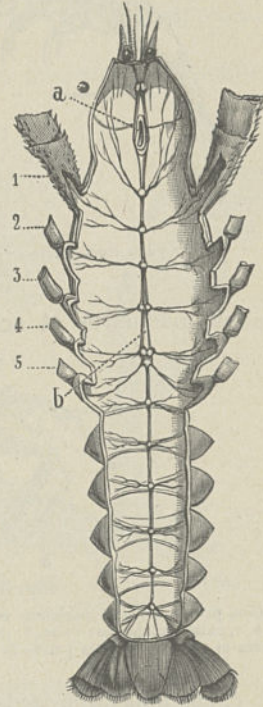


Fig. 414. — Système nerveux de l'écrevisse.

a, œsophage entouré du collier œsophagien relié en avant au ganglion sus-œsophagien. — b, collier par lequel passe l'artère sternale. — 1, 2... 5, pattes thoraciques.

b. Ceux qui comme les *Squilles* (fig. 416 possèdent cinq paires de

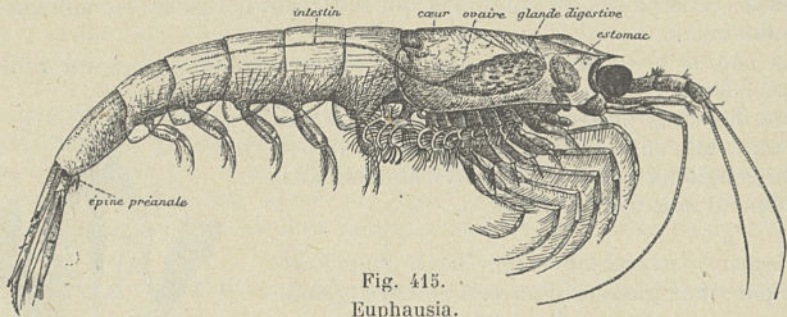


Fig. 415.

Euphausia.

(Crustacé podophtalme.)

Les trois paires de pattes-mâchoires et les cinq paires de pattes ambulatoires se ressemblent et sont toutes bifurquées.

pattes-mâchoires et seulement trois paires de pattes ambulatoires;

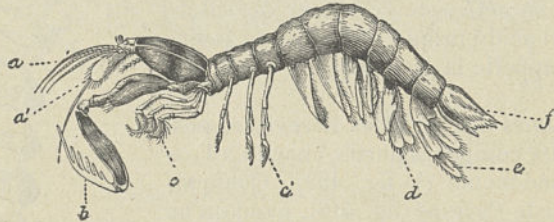


Fig. 416. — Squille (Crustacé podophtalme.)

Cinq paires de pattes-mâchoires et trois paires de pattes ambulatoires.

b, c, pattes-mâchoires : l'une, b, est transformée en patte ravisseuse. Les trois derniers anneaux du thorax sont libres et portent les trois paires de pattes ambulatoires e' ; d, e, appendices de l'abdomen.

c. Les plus importants sont les *Décapodes*, caractérisés par la présence de trois paires de pattes-mâchoires et de dix pattes ambulatoires comme chez l'Ecrevisse.

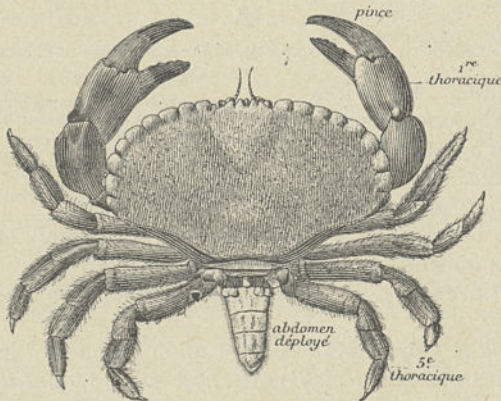


Fig. 417. — Crabe, face dorsale (Décapode brachioure).

Trois paires de pattes-mâchoires et cinq paires de pattes ambulatoires.

Certains Décapodes ont l'abdomen très développé (Ecrevisse, Homard, Langouste, Crevette rose ou Palémon, Crevette grise ou Crangon) et sont qualifiés pour cela de *décapodes macroures*. D'autres ont un abdomen court et replié sous le céphalothorax, qui est par contre très élargi en forme de disque; ce sont les *décapodes brachioures*, qui comprennent les différentes sortes de Crabes (fig. 417).

2° Les *Entomostracés* possèdent un nombre variable de segments et sont souvent dépourvus de branchies.

C'est à ce groupe qu'appartiennent les *Copépodes*, petits Crustacés de très faible taille, sans branchies, à abdomen bifurqué et qui sont très nombreux à la surface de la mer et même dans les eaux douces. Les femelles portent toujours deux sacs remplis d'œufs à droite et à gauche de l'abdomen. Le Cyclope (*Cyclops*) caractérisé par son œil frontal (fig. 418) est un Copépode (*eaux douces*). Viennent ensuite les *Cirripèdes* qui comprennent les Anatifes (*Lepas*) et les Balanés.

Les Anatifes (fig. 419) ont le corps enfermé dans une carapace mobile à

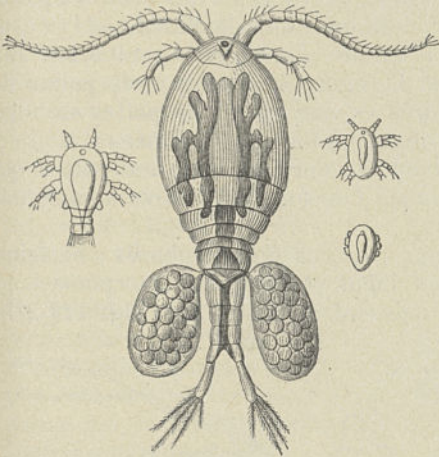


Fig. 418. — Cyclope femelle adulte avec ses deux sacs à œufs.
A droite et à gauche, son Nauplius.

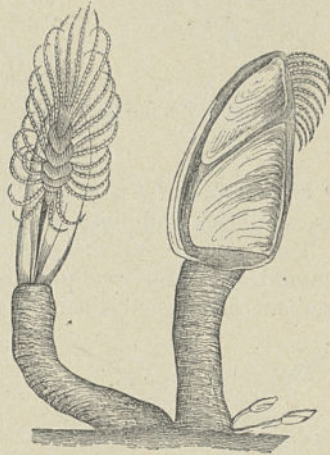


Fig. 419. — Anatife (*Lepas anatifera*).

deux valves qui les a fait considérer longtemps comme des Mollusques. Ils possèdent un long pédoncule qui peut dépasser 30 centimètres, par lequel ils se fixent en mer sur les bois flottants. Ils ont six paires de pattes thoraciques et chaque patte se continue par deux longs prolongements multiaarticulés et couverts de soies, les *cirres*, qui rentrent et qui sortent de la carapace en déterminant un courant d'eau, lequel sert à la respiration et à l'alimentation.

Les *Balanés* ont une carapace calcaire continue formée par quatre pièces terminées supérieurement en pointe; elles ne sont pas pédonculées et s'attachent par leur base sur les rochers qui découvrent à marée basse, où elles forment de larges surfaces rugueuses.

MÉTAMORPHOSES. — La plupart des Crustacés sortent de l'œuf avec une forme différente de l'adulte et subissent ensuite des *mues* accompagnées de métamorphoses plus ou moins complexes. Comme celles-ci sont très variables chez les différents groupes, prenons comme exemple les phases par lesquelles passe une espèce de Crevette de la Méditerranée appelée le *Penæus* :

1° De l'œuf, il sort un *Nauplius* (fig. 420), petit être à peu près triangulaire dépourvu d'abdomen et possédant trois paires d'appendices, une simple et deux bifurquées. Les deux premières sont les *antennes*, la troisième constitue les mandibules ;

2° Un peu plus tard, le Nauplius prend quatre paires d'appendices bifurqués de plus (futurs mâchoires et pattes-mâchoires) ; son thorax apparaît avec six segments ainsi que l'abdomen. On l'appelle alors une *Zoé* (fig. 422, A et B).



Fig. 420.

Nauplius (Phase nauplius du *Pencœus*).

3° Les dernières paires d'appendices se développent à la suite d'une nouvelle mue (pattes ambulatoires), mais elles sont toutes *biramées* comme les précédentes ; c'est la phase *mysis*. L'abdomen prend également ses appendices. Les *Mysis* sont des petits crustacés très communs dans la Manche et l'Océan, et qui à l'état adulte ressemblent tout à fait aux *Euphausia* de la figure 415, avec trois paires de pattes-mâchoires et cinq paires de pattes ambulatoires toutes de même forme et biramées ;

4° Enfin dans une dernière mue les pattes qui se ressemblaient toutes jusque-là prennent leur forme définitive de mâchoires, de pattes ambulatoires, etc.

Tous les Crustacés ne passent pas par ces quatre phases ; certains peuvent en subir quelques-unes dans l'œuf et leurs métamorphoses se trouvent abrégées. Ainsi les Crabes naissent au stade *Zoé* (fig. 422) ; le

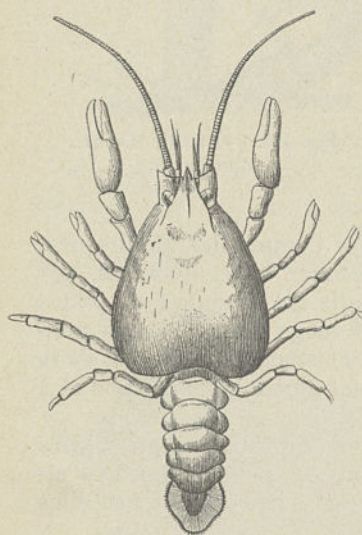
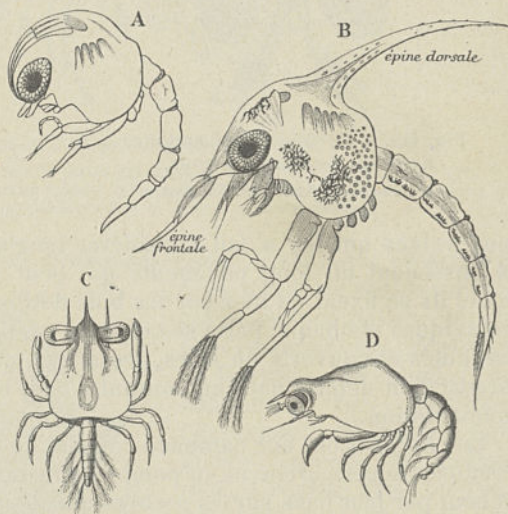


Fig. 421. — Jeune écrevisse venant d'éclore.

Fig. 422. — Différentes phases du crabe (*Cancer pagurus*).

A, zoé nouvellement éclosée. — B, zoé plus avancée. — C et D, la larve plus avancée. — C, vue de dos. — D, vue de profil.

Homard à sa naissance est presque une *Mysis* ; l'Écrevisse et les *Edriophtalmes* naissent presque avec leur forme adulte, avec tous leurs segments et leurs appendices (fig. 421).

Ordre des Mérostomes. — Les *Limules* (fig. 423) sont des Crustacés qui habitent les mers de l'Amérique et les îles Moluques. Leur corps comprend trois parties articulées et mobiles les unes par rapport aux autres : 1° une

antérieure qui répond très probablement au céphalothorax de l'écrevisse et est en forme de large bouclier *d* bombé en dessus, terminé en pointe de chaque côté ; — 2° une partie médiane *g* qui représente l'abdomen et qui est marquée ventralement de cinq sillons transversaux très profonds; elle porte cinq paires d'appendices courts, à la base desquels se trouvent les branchies ; — 3° et enfin une partie terminale très allongée *c* qui représente le telson.

Ce qui fait l'intérêt de la *Limule*, c'est que sa bouche est entourée de huit paires d'appendices, correspondant aux huit premières paires que nous avons étudiées chez les *Ecrevisses*, depuis les antennules jusqu'aux pattes-mâchoires y comprises. Mais les cinq dernières, les plus longues, ressemblent tout à fait aux pattes ambulatoires de l'*Ecrevisse*; elles servent à la *préhension* des aliments par leur base et à la *marche* par leurs extrémités en pinces. Les deux fonctions sont ainsi centralisées dans ces cinq paires de membres, tandis que chez l'*Ecrevisse* celles-ci sont différenciées uniquement pour la mastication et il s'en est développé plus loin cinq autres paires qui servent uniquement à la locomotion (*pattes ambulatoires*).

Ce caractère fait regarder la *Limule* comme le Crustacé le plus inférieur. Les anciens *Trilobites* des mers primaires devaient lui ressembler beaucoup, ainsi que les grands Crustacés *Mérostomes* du dévonien. Les *Limules* constituent l'ordre actuel des *Mérostomes*.

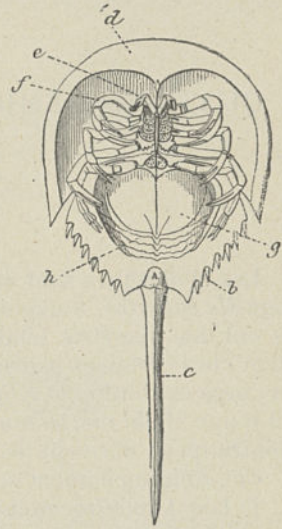


Fig. 423. — *Limule* face ventrale.

e, antennes. — *f*, la 1^{re} des cinq paires de pattes qui entourent la bouche. — *g*, abdomen avec ses cinq sillons transversaux *h*. — *c*, telson.

QUATRIÈME EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

MOLLUSQUES

Les Mollusques sont des Invertébrés caractérisés extérieurement par une *coquille calcaire*, à une ou à deux valves, qui protège la surface du corps. Ils ont une symétrie bilatérale qui, il est vrai, se modifie assez profondément chez certaines espèces telles que l'Escargot, dont la partie postérieure du corps est tordue et contournée en spirale ainsi que la coquille. Leur corps est d'une seule masse non segmentée, mais l'étude de leur développement montre qu'ils dérivent de formes annelées comme les Vers.

Cet embranchement se divise en trois classes principales :

1° Les *Lamellibranches* (Moule, Huitre), ainsi appelés à cause de leurs branchies formées de petites lamelles parallèles ; on les appelle encore les *Acéphales* parce qu'ils sont dépourvus de tête, ou encore les *Bivalves* parce que leur coquille est formée de deux valves ;

2° Les *Gastéropodes* (Escargot) chez lesquels la coquille est d'une seule pièce, à tours plus ou moins enroulés, et qui tirent leur nom de ce qu'ils rampent sur une large expansion musculaire ou *ped*, dont la partie antérieure est parcourue par le tube digestif (fig. 432) ;

3° Les *Céphalopodes* (Poulpe) caractérisés par la présence d'un certain nombre de grands prolongements charnus, les *tentacules* ou *bras*, qui entourent la tête (fig. 439).

Bien que les Mollusques constituent un groupe très homogène et que leur organisation soit la même dans ses traits généraux chez les trois classes, ils présentent cependant des variations qui obligent à étudier chaque classe séparément.

1^{re} CLASSE. — LAMELLIBRANCHES

§ 1. **Caractères externes.** — Leur caractère externe le plus frappant est l'existence d'une coquille à deux valves dans laquelle est enfermé le corps. Ces deux valves sont réunies l'une à l'autre par un *ligament élastique* qui tend à les maintenir constamment béantes ; en outre, au voisinage de ce dernier, le bord de chaque valve présente des *dents* qui s'engrènent dans des fossètes de la valve opposée et qui constituent ce qu'on appelle la *charnière*. La forme et le nombre de ces dents sont très variables et fournissent des caractères pour établir des subdivisions dans le groupe (fig. 424).

L'action du *ligament élastique* est contrebalancée par un ou deux muscles qui s'étendent de la face interne d'une valve à la face interne de l'autre, et dont les contractions tiennent les deux valves rapprochées ; ils sont qualifiés pour cela de muscles *adducteurs*. Chaque extrémité du muscle laisse, là où elle s'insère sur la coquille, une trace bien nette en forme de légèr

dépression que l'on appelle l'impression musculaire (fig. 424 et 425).

Chaque valve présente encore une autre trace qui s'étend d'un muscle à l'autre, à peu près parallèlement au bord de la coquille et qui est l'empreinte des fibres musculaires qui rétractent le manteau : c'est l'impression palléale (fig. 424).

La plupart des Lamellibranches possèdent deux muscles adducteurs et sont qualifiés pour cela de *dimyaires*. Chez quelques autres, le muscle antérieur s'atrophie et n'est que très rudimentaire, comme chez la Moule ; ce sont les *hétéromyaires*. Enfin il y en a quelques-uns chez lesquels le muscle antérieur disparaît complètement, le postérieur seul persiste et se place au centre de l'animal, comme chez le *Pecten* et l'*Huitre* ; on les qualifie de *monomyaires* (fig. 425).

On oriente un Lamellibranche en mettant sa charnière en haut et les bords de la coquille en bas, ce qui donne une valve droite et une valve gauche ; le plan de symétrie de l'animal passe entre ces dernières et sa face dorsale correspond à la charnière ; la bouche se trouve alors en avant et l'anus en arrière. C'est la position que la plupart des Lamellibranches occupent d'eux-mêmes quand ils se déplacent (fig. 426).

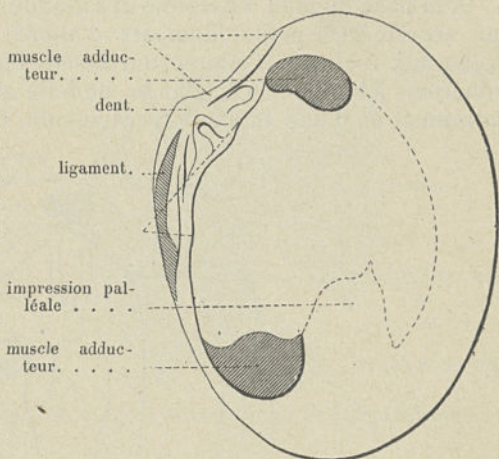


Fig. 424. — Une valve de Lamellibranche vue par sa face interne.

§ 2. Le manteau et le pied. — Le *manteau* est un repli du corps qui est situé de chaque côté, où il tapisse la face interne de la coquille ; chacune de ses moitiés est soudée au corps dans la région dorsale, tandis que son bord ventral, parallèle à celui de la valve, est libre ou bien se soude partiellement avec la moitié opposée. Il limite une cavité remplie d'eau dans laquelle baignent les branchies et que l'on appelle la *chambre palléale* (fig. 429).

Si l'on examine l'intérieur d'une Moule dont les deux moitiés soient bien étalées, comme le montre la figure 425, on voit que la masse des viscères proémine fortement dans la cavité palléale ; elle est souvent désignée sous le nom de *bosse de polichinelle*.

En avant de cette bosse, le corps envoie un prolongement charnu, souvent comprimé en forme de hache et appelé le *pied*¹ (1, fig. 429). Le sang peut s'y accumuler, le gonfler et le faire sortir de la coquille ; l'animal l'utilise alors pour fouir dans le sable et s'y enfoncer ; des petits muscles retracteurs permettent de le faire rentrer dans la coquille. Ce pied existe chez toutes les espèces pendant la vie embryonnaire, mais il s'atrophie dans la suite chez ceux qui, comme les Huitres, restent couchés sur le sable à l'état adulte et ne font plus aucun mouvement ; il prend au contraire un grand développement chez ceux qui s'enfoncent dans le sable ou la vase.

¹ D'où le nom de *Pélécy-podes* (*pelceus*, hache ; *pous, podos*, pied) donné encore aux Lamellibranches.

Le Pecten ou coquille de Saint-Jacques est dépourvu de pied ; mais en fermant brusquement ses deux valves, il chasse l'eau de sa chambre palléale et le contre-coup le fait sauter à une petite distance.

A la base du pied, se trouve une glande particulière, la *glande du byssus*, qui sécrète des petits filaments d'abord gélatineux, susceptibles de se coller aux rochers, et qui se durcissent ensuite peu à peu tout en restant adhérents à l'orifice de la glande, de telle sorte que l'animal est fixé temporairement ou d'une manière permanente. Cette glande n'existe guère que

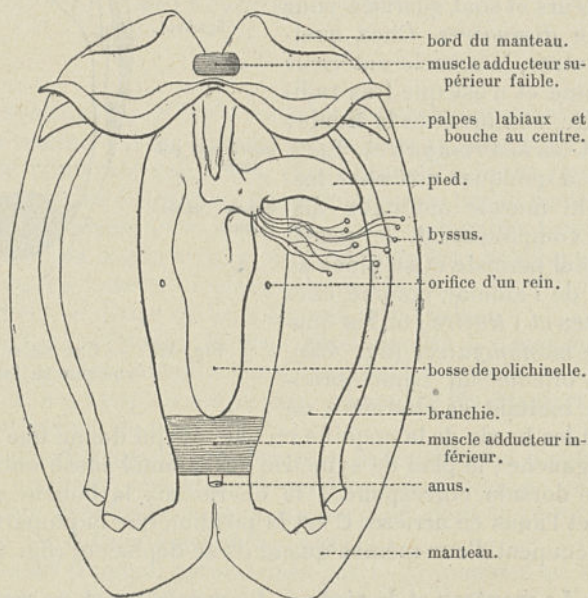


Fig. 425.

Moule vue par sa face interne, ses deux valves étant étalées à droite et à gauche.

chez les espèces, comme la Moule, qui vivent fixées aux rochers. Elle est bien développée chez les Dreissènes de la figure 426, qui sont des espèces de petites Moules d'eau douce.

Les bords du manteau suivent ceux des valves et présentent trois dispositions (fig. 429) :

1° Ces bords sont complètement libres et ne font que s'appliquer l'un sur l'autre, excepté en deux points où ils s'écartent légèrement et laissent ainsi deux orifices en forme de fentes, l'un antérieur qui livre passage au pied, l'autre postérieur pour le passage de l'eau (Moule). Dans la plupart des cas, ce dernier est subdivisé en deux autres, l'un pour la rentrée et l'autre pour la sortie de l'eau (I et II, fig. 429) ;

2° Chez d'autres, les bords du manteau *sont intimement soudés* et la chambre palléale se trouve complètement close ; mais ils laissent, comme dans le cas précédent, les trois ouvertures nécessaires pour le passage du pied et de l'eau ;

3° Les bords sont encore intimement soudés, mais les orifices d'entrée et de sortie de l'eau se prolongent en longs tubes qui s'avancent hors de la coquille et que l'on appelle les *siphons* (III, 429 et fig. 426). Ces formations

sont caractéristiques des Lamellibranches *fouisseurs*, qui peuvent rester enfoncés dans le sable et respirer en faisant remonter leurs siphons dans l'eau.

Les *Couteaux* à longue coquille rectangulaire, les *Pholades* qui perforent la pierre, et surtout les *Tarêts* qui perforent les bois submergés, possèdent des siphons remarquablement développés.

§ 3. La coquille. — Le rôle du manteau est non seulement d'abriter la masse viscérale et les branchies, mais encore de sécréter la coquille.

Il est constitué, comme le montre la figure 427, par une couche de tissu conjonctif *Bd* recouverte sur ses deux faces par un épithélium simple et cylindrique *Ep* ; l'épithélium externe, qui est adjacent à la surface interne de la coquille, renferme des cellules glandulaires qui sécrètent la substance de cette dernière.

La coquille présente la même structure chez tous les Mollusques ; elle est essentiellement formée de calcaire et comprend trois couches distinctes (fig. 427).

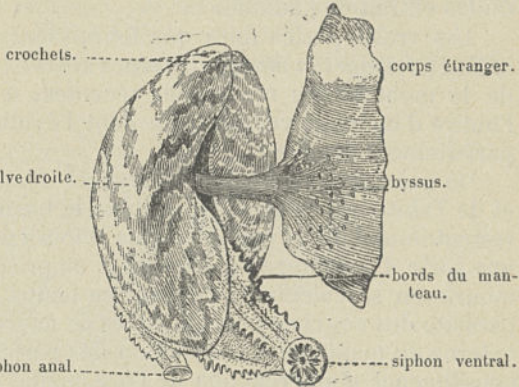


Fig. 426. — Dreissène fixée sur un corps étranger.

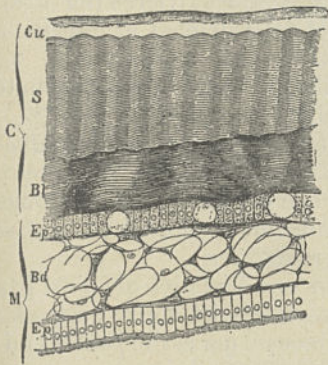


Fig. 427. — Coupe du manteau et de la Coquille.

M, épaisseur du manteau avec ses trois parties. — Ep, en bas, épithélium cilié interne. — Bd, couche conjonctive. — Ep, épithélium externe qui sécrète la coquille. — C, coquille avec sa couche lamelleuse *B* de nacre ; émail avec ses prismes *S* et sa cuticule *Cu*.

elle est essentiellement formée de calcaire et comprend trois couches distinctes (fig. 427).

1° Au contact immédiat de l'épithélium sécréteur se trouve une *couche de nacre* *B* qui tapisse toute la face interne de la coquille et qui, au microscope, se montre formée de petites lamelles ondulées, alternativement formées de carbonate de chaux et d'une substance organique, la *conchyoline*. Quand ces lamelles sont très minces et que la lumière les traverse, elles produisent l'irisation caractéristique de la nacre ; autrement leur surface est brillante et opaque ;

2° Une couche moyenne *S*, appelée l'*émail*, formée de petits prismes calcaires ;

3° Une couche externe mince *Cu*, la *cuticule*, qui s'exfolie très fréquemment et donne à la face externe de la coquille sa couleur et son aspect particuliers.

Ces deux dernières couches sont sécrétées uniquement par les *bords du manteau*, tandis que la face externe tout entière de ce dernier sécrète la nacre : en d'autres termes, l'émail et la cuticule ne se forment que sur les bords de la coquille pour l'allonger, tandis que la nacre se dépose sur toute sa face interne pour l'épaissir.

Si quelques grains de sable très fin s'introduisent accidentellement entre le manteau et la coquille, la nacre se dépose à leur surface en couches con-

centriques et forme certaines espèces de *perles opaques* (perles de nacre, fausses perles) qui n'ont d'ailleurs aucune valeur; elles sont fixées à la coquille par un pédicule qui laisse à leur surface une petite cicatrice quand on les extrait de l'animal.

Les vraies perles fines que fournissent les huîtres perlières de l'Océan indien (*Meleagrina margaritifera, vulgaris*, etc.) sont dues, comme viennent de le montrer des recherches récentes, à la présence dans les tissus de l'huître d'un petit ver parasite dont l'évolution générale n'est pas encore parfaitement connue.

On pense que ce sont des larves de Cestodes (p. 472) (huîtres de Ceylan et de Tahiti) qui vont se loger dans le tissu conjonctif du manteau où elles restent immobiles; l'épithélium les entoure progressivement et leur constitue une sorte d'enveloppe où elles sont emprisonnées et où elles finissent par mourir en se calcifiant. Pendant ce temps l'épithélium, sécrète autour du parasite des couches concentriques de nacre exactement comme la surface externe du manteau. La formation des perles fines apparaît ainsi comme la conséquence d'une réaction de l'organisme qui se débarrasse, en les entourant de nacre, de vers parasites introduits accidentellement dans le manteau.

Les Moules produisent des perles qui seraient dues à des larves de *Distomes* voisins de la *Douve du foie* (p. 470) dont la forme adulte habite le tube digestif d'oiseaux très friands de Moules, les *Macreuses noires*.

§ 4. **Tube digestif.** — Prenons comme exemple l'*Anodonte* ou Moule d'eau douce qui vit dans la vase au fond des étangs et des rivières (fig. 428).

Les viscères forment une masse comprimée latéralement et appelée à cause de sa forme la *bosse de polichinelle*.

Le tube digestif est ouvert à ses deux bouts et s'étend de l'extrémité antérieure à l'extrémité postérieure de la coquille.

Il débute par une simple fente située un peu au-dessous du *muscle adducteur antérieur* et qui représente la bouche. Elle est entourée par quatre prolongements ou *palpes labiaux*, dont la surface est garnie de très longs cils vibratiles qui, par leurs mouvements, déterminent un courant qui amène l'eau et les particules alimentaires qu'elle peut renfermer.

L'œsophage, extrêmement court, s'ouvre dans une dilatation qui n'est pas autre chose que l'*estomac*, lequel présente la particularité d'être profondément encastré dans une masse brune très volumineuse, qui est le *foie*. Celui-ci possède deux conduits qui s'ouvrent dans l'estomac, et certains auteurs le qualifient d'*hépatopancréas* parce qu'il jouerait à la fois le rôle du foie et celui du pancréas. Une petite baguette solide et brillante appelée la *tige cristalline* et dont on ignore le rôle, fait saillie dans la cavité stomacale.

L'*intestin*, qui vient ensuite, décrit un certain nombre de circonvolutions dans l'intérieur d'une masse blanchâtre volumineuse, formée en grande partie par des œufs et qui, avec le foie, constitue la plus grande partie de la masse viscérale; puis l'intestin gagne la partie dorsale de l'animal où il prend un léger renflement qui marque le commencement du rectum. Ce rectum suit la face dorsale en se dirigeant d'avant en arrière, en droite ligne, pour aller s'ouvrir dans la cavité palléale un peu au delà du muscle adducteur postérieur.

Il possède la particularité curieuse de *traverser de part en part le péricarde et le ventricule v*, qui occupent également la face dorsale de l'animal.

Une autre particularité non moins intéressante est fournie par les reins ou *néphridies*. Ces organes, qui portent encore le nom particulier d'*organes de Bojanus*, sont au nombre de deux, placés symétriquement à droite et à gauche de la ligne médiane, et reposent par leur partie postérieure sur le muscle adducteur postérieur (fig. 428 et 430).

Ils ont une forme allongée et sont composés chacun de deux comparti-

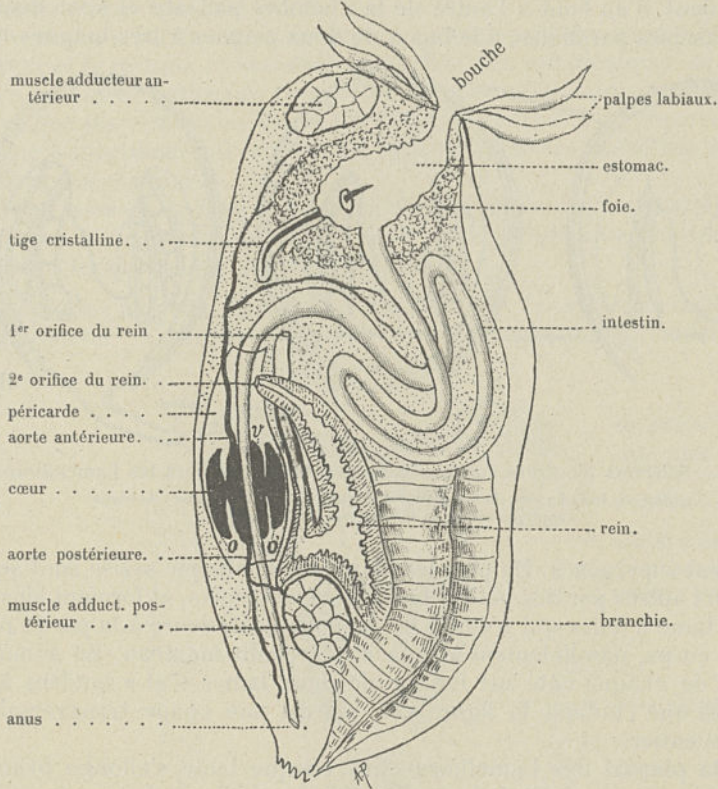


Fig. 428. — Organisation de la Moule (Anodonte).

(Une valve a été enlevée et le corps est vu latéralement par transparence). — v, ventricule traversé par le rectum et accompagné des deux oreillettes o et o'.

ments communiquant l'un avec l'autre ; l'un a sa paroi interne couverte d'aspérités formées de cellules ganglionnaires et constitue la partie excrétrice ou fonctionnelle de l'organe : elle s'ouvre dans le péricarde par un orifice étroit (2^e orifice, fig. 428). Le second compartiment a sa surface interne lisse, non glandulaire, et s'ouvre dans la cavité palléale (1^{er} orifice, fig. 428).

Leur disposition générale est en somme tout à fait identique à celle des néphridies des Vers, dont l'une des extrémités s'ouvre dans la cavité générale et l'autre à l'extérieur. Seulement chez les Mollusques la cavité générale est presque complètement oblitérée et est réduite à l'espace occupé par le péricarde.

§ 5. Appareil respiratoire. — Tous les Lamellibranches vivent dans l'eau et possèdent des branchies dont la disposition générale est indiquée par la

figure 429. Ils en ont une à droite et une à gauche du corps dans la chambre palléale; elle est insérée sur un support fixé au fond de l'angle que forme le manteau avec le corps. Chez la plupart des Lamellibranches, la disposition des branchies est assez compliquée, et pour la comprendre il faut l'étudier en premier lieu chez certaines espèces inférieures, voisines des Gastéropodes.

Chaque branchie y est constituée (fig. 429, I) par de très longs filaments qui s'étendent d'un bout à l'autre de la chambre palléale et sont disposés sur deux assises parallèles, à la façon de deux peignes à très longues dents

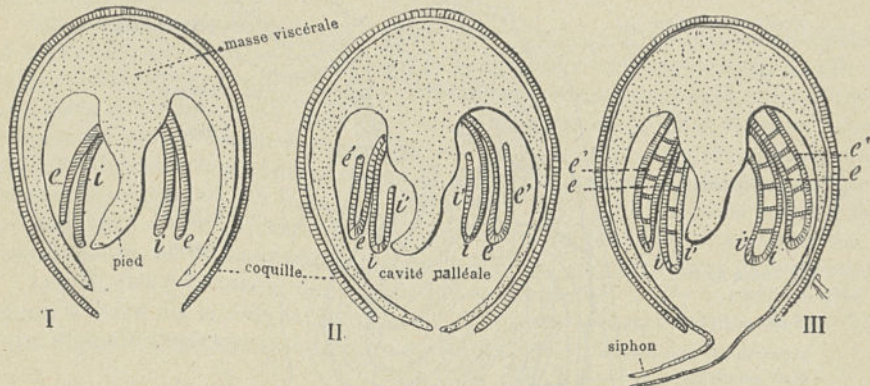


Fig. 429. — Schémas montrant l'organisation des branchies chez les Lamellibranches.

(Sur ces trois figures, le manteau est le prolongement inférieur du corps appliqué contre la face interne de la coquille.)

qui seraient superposés. De plus les filaments de chaque assise sont soudés les uns aux autres par des petites bandes transversales, et forment ainsi une sorte de lame à jours qui s'étend de la partie antérieure à la partie postérieure du corps, parallèlement à la face interne du manteau. En somme la branchie de chaque côté est formée de deux lames *i* et *e* soudées à leur base, ainsi que l'indique la figure 429, qui est une coupe transversale du corps tout entier.

Chez la plupart des Lamellibranches chaque lame s'allonge beaucoup plus, et pour ne pas sortir de la coquille elle se replie en dedans comme l'indique la figure 429, II, puis va souder son extrémité à la paroi du corps, au fond de la cavité palléale, comme le représente la figure 429, III. La lame externe *e* de chaque côté s'infléchit au dehors *e'*, et la lame interne *i'* s'infléchit en dedans *i'*.

Il en résulte qu'une branchie d'Anodonte se compose de deux lames fenêtrées, une *lame externe* et une *lame interne*; chacune de celles-ci est à son tour constituée par deux feuillets, un *feuillelet direct* ou *descendant* tels que *e* ou *i*, et un *feuillelet réfléchi* ou *ascendant*, tel que *e'* ou *i'*. Enfin de nombreuses anastomoses s'étendent d'un feuillet à l'autre pour les réunir et leur donner une grande solidité. Tous les filaments et leurs anastomoses sont parcourus par de nombreux canaux sanguins qui viennent chercher l'oxygène dissous dans l'eau. Celle-ci est renouvelée par les mouvements de très nombreux cils vibratiles qui recouvrent les branchies.

§ 6. Appareil circulatoire. — Les Lamellibranches possèdent un cœur situé dans la région dorsale, du côté de la charnière, ainsi que le montre

la figure 428. Il est composé d'un *ventricule unique* *v* accompagné, à droite et à gauche, d'une *oreillette* (*o* et *o'*) dans laquelle se déverse le *sang artériel qui sort des branchies*. Il est entouré extérieurement par une poche ou *péricarde*.

Le ventricule est traversé de part en part, comme nous l'avons déjà dit, par la partie terminale de l'intestin, et chez l'*Arche* le ventricule se trouve même par suite divisé en deux compartiments distincts, reliés dans leur région moyenne par un canal étroit.

Du ventricule partent deux aortes : une *postérieure* qui nourrit le muscle postérieur et le rectum, et une *antérieure* dont les ramifications se rendent à toutes les autres parties du corps. Les vaisseaux capillaires n'existent pas, non plus que les veines ; les vaisseaux artériels cessent à un moment donné et le sang tombe dans des cavités ou *lacunes* creusées entre les éléments cellulaires des organes.

Devenu veineux, le sang pénètre, en suivant les lacunes, *d'abord dans les reins* où il s'épure, pour ainsi dire, et de là dans les branchies où il se charge d'une nouvelle quantité d'oxygène.

§ 7. **Système nerveux et organes des sens.** — Le système nerveux des Lamellibranches se compose de trois paires de ganglions dont l'existence est

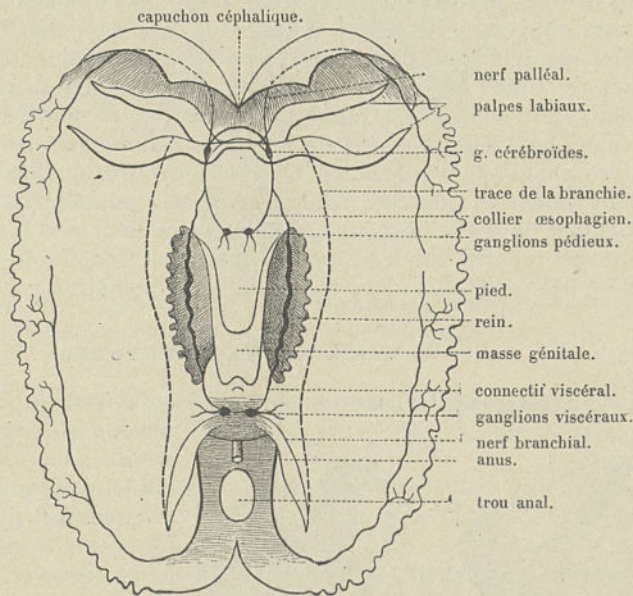


Fig. 430. — Moule vue par sa face interne, ses deux valves étant rejetées à droite et à gauche pour montrer le système nerveux.

(Les ganglions viscéraux sont ceux d'où se détache le nerf palléal en bas).

d'ailleurs constante chez tous les Mollusques. Ce sont (fig. 430, I et 438) :

1° Deux *ganglions cérébroïdes* placés au-dessus de l'œsophage ; ils sont plus ou moins rapprochés l'un de l'autre et sont toujours réunis par un petit cordon nerveux ou *commisure* ; ils envoient des filets nerveux aux organes des sens, en particulier aux yeux et aux otocystes ;

2° Les deux *ganglions pédieux*, ainsi appelés parce qu'ils innervent le pied ; ils sont toujours situés au voisinage de ce dernier, sous l'œsophage,

et sont réunis aux *cérébroïdes* par un nerf ou *connectif* qui forme ce que l'on appelle le *collier œsophagien* (fig. 438, *nm'*);

3° Les deux *ganglions viscéraux*, qui sont plus ou moins éloignés l'un de l'autre, quelquefois accolés et qui innervent les viscères (intestin, branchies, cœur, manteau). Ils sont également situés sous l'intestin, près du muscle postérieur, et sont reliés aux *cérébroïdes* par un long connectif qui décrit un *second collier œsophagien* beaucoup plus allongé que le premier (*cc*, fig. 438).

L'œsophage est ainsi entouré de deux colliers, dont on voit bien la disposition en supposant l'animal vu latéralement.

On connaît chez les Lamellibranches des organes du *toucher*, de *l'ouïe*, et de *la vue*.

Les premiers siègent à peu près sur toute la surface du manteau, où il existe des terminaisons nerveuses qui sont peut-être aussi le siège de l'olfaction et du goût. Mais ce sont les *palpes labiaux* et les petits tentacules garnissant souvent le bord du manteau (*Pecten*) qui président particulièrement au toucher.

Les organes auditifs consistent en deux vésicules ou *otocystes* que nous avons décrites précédemment (p. 190), et qui présentent la particularité d'être toujours situées *au-dessus de l'œsophage, sur les ganglions pédieux*, bien qu'elles reçoivent leurs nerfs des ganglions *cérébroïdes* (fig. 438, IV).

Les yeux sont généralement absents, comme c'est la règle chez tous les animaux qui vivent fixés. Quand ils existent, ce ne sont généralement que de toutes petites taches formées de quelques cellules pigmentées et en relation avec les ganglions *cérébroïdes*. On les trouve quelquefois à l'extrémité des siphons (*Solen* ou *Couteau*, *Vénus*). Le *pecten* possède plus de 200 yeux qui sont autant de petits boutons pédiculés de couleur vert foncé, à aspect métallique, et répartis sur les bords du manteau. Chacun de ces boutons possède un petit cristallin avec des cellules pigmentaires.

CLASSE II. — GASTÉROPODES

§ 1. **Caractères externes.** — La coquille est d'une seule pièce : elle présente

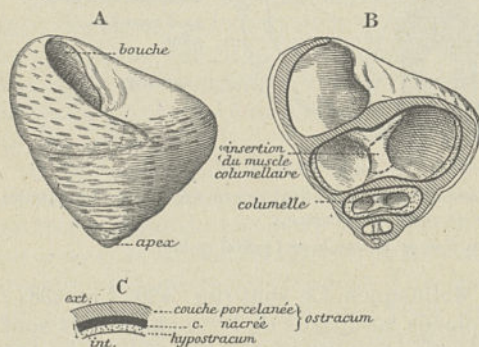


Fig. 431. — Coquille de [Gastéropode (Troque)].

A, coquille entière. — B, coquille coupée pour montrer la columelle. — C, coupe de la coquille.

plusieurs tours enroulés en spirale autour d'un axe appelé la *columelle*, et auquel l'animal est retenu par un muscle particulier. Les tours de la coquille vont généralement de droite à gauche, plus rarement de gauche à droite (fig. 431).

L'animal possède une large expansion charnue, le *piéd*, qui a la forme d'une espèce de plateau sur lequel il rampe et qui est très différent de celui des Lamellibranches. Il peut le rentrer dans la coquille et fermer ensuite l'orifice par une sorte de couvercle corné

ou calcaire, l'*opercule*, que porte l'extrémité postérieure du *piéd* (fig. 432)

Le pied se termine en avant par une *tête* très distincte, qui porte des yeux et des tentacules, et dont la partie antérieure, parfois très saillante, s'appelle le *musle*.

La partie postérieure du corps comprend la masse des viscères et est logée dans les tours spiralés de la coquille dont elle prend naturellement la forme.

Le *manteau* existe comme chez les Lamellibranches et possède de même la propriété de sécréter la coquille, mais sa disposition est très différente : il est formé par un repli unique qui s'étend en avant et sur la *face dorsale* (C, fig. 432). Il est attaché au corps en arrière, et son bord antérieur

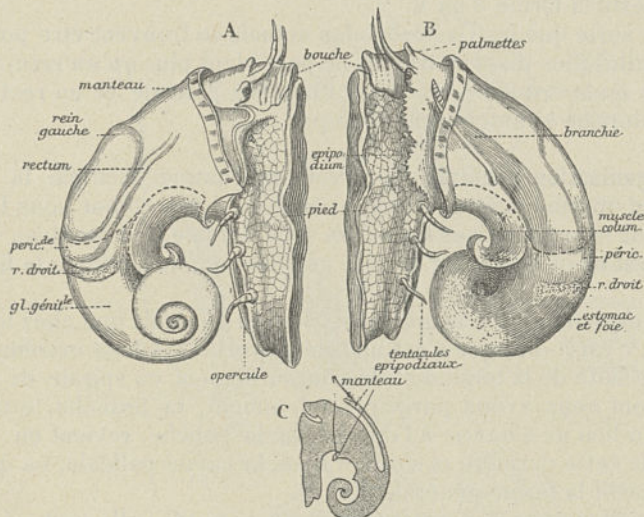


Fig. 432. — Gastéropode sorti de sa coquille pour montrer ses caractères externes.

A, côté droit. — B, côté gauche. Le pointillé est la ligne d'insertion du manteau sur le corps.
C, coupe montrant le manteau et la chambre branchiale qu'il limite.

suit l'ouverture de la coquille ; il limite ainsi une cavité palléale qui est fermée dans le fond et ouverte en avant pour permettre l'entrée et la sortie de l'eau.

D'autre part, les bords du manteau peuvent présenter trois dispositions différentes : — 1° ils peuvent être libres sur toute leur étendue et l'ouverture palléale est alors une longue fente ; 2° ou bien ils se soudent à la paroi antérieure du corps et ne laissent qu'une seule ouverture pour le passage de l'eau ; — 3° enfin la partie du manteau qui limite cet orifice peut se continuer par un long prolongement ou *siphon* enroulé en forme de tube, qui s'étend à l'extérieur en passant par une échancrure de la coquille. Celle-ci est alors qualifiée de *siphonostome*, par opposition à la coquille *holostome* dont le pourtour ou péristome est entier, sans échancrure ; la coquille siphonostome peut même posséder un long prolongement, creusé d'un sillon dans lequel est abrité le siphon du manteau.

§ 2. *Torsion*. — Le caractère typique de la plupart des Gastéropodes est la dissymétrie très marquée de leurs organes, ce qui les distingue ainsi des Lamellibranches. Ils paraissent cependant dériver comme ces derniers de

formes symétriques possédant *deux reins, deux oreillettes et deux branchies* logées dans une cavité palléale.

Mais pour des causes encore imparfaitement connues, ces formes se seraient tordues sur leur axe de 180° environ, en ramenant leur chambre branchiale à la partie antérieure et dorsale ; la torsion a intéressé aussi bien la coquille que la masse viscérale ; on peut penser que la partie de celle-ci qui était voisine de l'axe d'enroulement s'est trouvée gênée dans son développement, et que par suite les organes de ce côté se sont atrophiés ; il a disparu ainsi *un rein, une oreillette et une branchie*. Le rectum s'est placé en avant tout comme la chambre palléale dans laquelle il s'ouvre, et a donné au tube digestif la forme d'un V.

De telle sorte que les Gastéropodes actuels se trouvent être pour la plupart des mollusques dissymétriques ne possédant plus *qu'un rein, une oreillette et une seule branchie*, avec une chambre palléale et un rectum situés à la partie dorsale et antérieure du corps.

§ 3. Organisation générale. — Prenons comme exemple la *littorine*, gastéropode marin commun sur les côtes où il est connu sous le nom de *Vignot*. Nous le supposerons vu par sa face dorsale, son manteau ayant été fendu suivant ss' et rejeté sur le côté gauche comme l'indique la figure 433.

1° *Tube digestif*. — Il a la même disposition générale que chez les Lamellibranches, c'est-à-dire que c'est un tube ouvert à ses deux extrémités ; seulement, par suite de la torsion et du contournement en spirale de la masse viscérale dont nous avons parlé précédemment, la branche terminale de l'intestin, au lieu de s'ouvrir à l'opposé de la bouche, revient en avant au voisinage de cette dernière et s'ouvre dans la cavité palléale, ce qui donne au tube digestif la forme générale d'un V.

La tête s'allonge en un mamelon saillant, le *musle* ; elle porte *deux tentacules* qui servent d'organes tactiles et à la base desquels se trouvent les *yeux*.

La bouche donne immédiatement accès dans un renflement musculaire que l'on appelle le *bulbe pharyngien*, et qui est muni d'une armature spéciale servant à la mastication ; cette armature est composée de *deux mâchoires* et d'une *radula*.

Les mâchoires sont des plaques chitineuses enchâssées sur les parois latérales et près de l'orifice buccal. La radula est une bande chitineuse flexible, parfois très longue, située sur le plancher du bulbe et dont les bords sont hérissés de dents disposées, sur toute la longueur, en plusieurs rangées symétriques et parallèles. C'est une sorte de râpe.

Deux *glandes salivaires* débouchent dans ce même bulbe pharyngien.

L'*estomac* renflé est chargé d'achever la trituration des aliments par ses contractions musculaires ; comme chez les Lamellibranches, il est enveloppé de toutes parts par une glande volumineuse brune qui à elle seule forme presque tout le tortillon de la coquille et que l'on appelle communément le *foie* ; mais comme son liquide digère les différentes catégories d'aliments, il faut peut-être le considérer plutôt comme un *hépatopancréas*. Son liquide s'écoule dans l'estomac par deux conduits spéciaux.

Enfin l'intestin, après s'être contourné différentes fois, revient en avant ; le rectum s'applique contre le plafond de la cavité palléale et débouche dans cette dernière, du côté droit ;

2° L'appareil excréteur ne comprend plus, comme nous l'avons déjà dit, qu'un seul rein ou organe de Bojanus, situé du côté droit et pourvu de deux orifices comme ceux des Lamellibranches, l'un qui s'ouvre dans le péricarde, l'autre dans la chambre palléale ;

3° L'appareil respiratoire des Littorines se compose d'une seule branche située dans la chambre palléale, du côté droit. Elle est formée tout simplement de petites expansions charnues, de forme triangulaire, qui se détachent

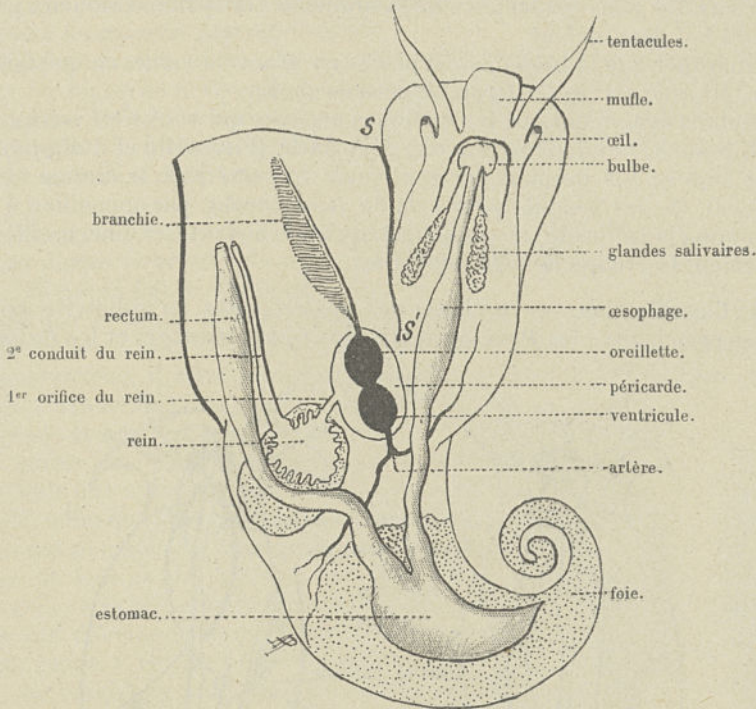


Fig. 433. — Organisation générale d'un Gastéropode (*Littorine gastéropode prosobranchie*).

Le manteau a été coupé suivant *s*, *s'*, et rejeté à gauche pour montrer la branchie et le rectum situés dans la chambre palléale.

de la face interne du manteau et se disposent sur une seule rangée, comme les dents d'un peigne ; on la qualifie pour cela de branchie *monopectinée*. Ces lamelles sont creusées de nombreuses lacunes à travers lesquelles le sang subit l'hématose et sont recouvertes de cils vibratiles.

Ajoutons qu'il existe quelques espèces telles que les *Fissurelles* et les *Haliotis*, qui sont voisines des Lamellibranches par leur organisation générale, et qui possèdent comme ces derniers deux branchies formées chacune de deux rangées de lamelles triangulaires, ce qui les fait qualifier de *branchies bipectinées* ;

4° L'appareil circulatoire de la Littorine comprend en premier lieu un cœur logé dans un péricarde et formé d'un seul ventricule et d'une seule oreillette ; il est placé un peu en arrière de la branchie, sur le trajet du sang

artériel qui vient de cette dernière. L'oreillette reçoit le sang la première et l'envoie dans le ventricule, qui le chasse à son tour dans une seule aorte.

L'aorte est très courte et se divise presque aussitôt en une *aorte antérieure* pour la région céphalo-pédieuse, et une *aorte viscérale* qui va dans le tortillon. Leurs dernières ramifications s'ouvrent dans des *lacunes* ou espaces sanguins entre les éléments cellulaires qui se trouvent ainsi directement imprégnés de sang. Le sang veineux s'accumule ensuite dans des cavités irrégulières ou *sinus*, également dépourvues de parois propres, pour se rendre ensuite dans les lacunes de la branchie ; le système veineux proprement dit fait donc défaut.

Remarquer que la branchie est placée en avant du cœur, ce qui fait dire que la Littorine est un *Gastéropode prosobranch*.

Ajoutons également que les quelques espèces qui sont très voisines des Lamellibranches et dont nous avons déjà parlé (Fissurelle et Haliotis), possèdent comme ces derniers un *ventricule traversé par le rectum* et *deux oreillettes*. On les qualifie pour cela de *Diotocardes*, par opposition à ceux qui, comme la Littorine, ne possèdent qu'un ventricule et une oreillette et qui forment le groupe des *Monotocardes*.

§ 4. **Classification.** — La classe des Gastéropodes se subdivise en trois groupes principaux : les *Prosobranches*, les *Opistobranches* et les *Pulmonés*.

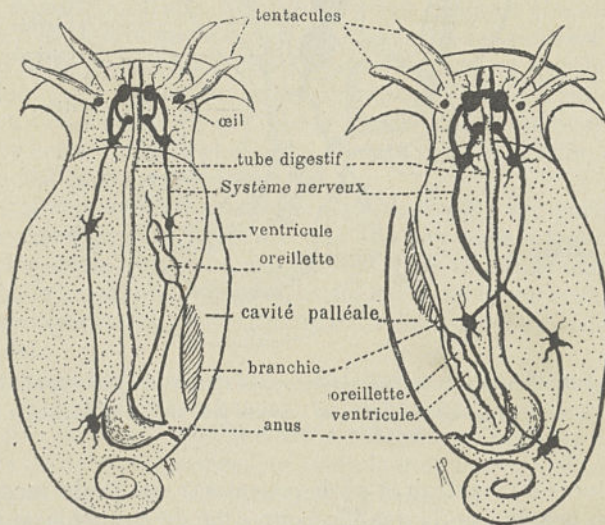


Fig. 434. — Schéma de l'organisation générale d'un Gastéropode opistobranche (à gauche) et d'un Gastéropode prosobranch (à droite). (R. PERRIER, Zoologie.)

La cavité palléale y est représentée par côté, tandis que sa position réelle est sur la face dorsale du Mollusque.

I. Les Prosobranches. — Ce sont ceux qui comme la Littorine possèdent leurs branchies en avant du cœur (fig. 434). Ils se subdivisent eux-mêmes en deux ordres, les *Diotocardes* et les *Monotocardes*.

Les premiers comprennent quelques espèces dont l'organisation générale se rapproche assez de celle des Lamellibranches ; ils ont, comme ces derniers, un cœur à deux oreillettes et un ventricule traversé par le rectum ; deux branchies bipectinées ; deux organes de Bojanus.

Ce groupe renferme deux genres principaux : 1° les *Fissurelles*, dont le dernier tour de la coquille est tellement évasé qu'elle paraît plane ; son sommet est percé d'un petit orifice qui s'ouvre dans la chambre palléale ;

2° Les *Haliotis* ou « oreilles de mer », à coquille élargie en forme d'oreille, nacrée et percée sur ses bords d'une rangée de trous qui servent à la sortie de l'eau de la chambre palléale.

Les *Monotocardes* sont de beaucoup les plus nombreux ; ils ont l'organisation générale de la Littorine que nous avons prise comme exemple : un cœur à une seule oreillette, une seule branchie monopectinée et un seul rein ; le rectum ne traverse jamais le cœur.

Presque tous vivent dans la mer (Olive, Cône, Buccin ou escargot de mer, Murex ou bigorneau, Cyprée ou porcelaine, etc.). Deux espèces, les *Paludines* et les *Valvées* vivent dans l'eau douce. Une espèce très voisine des Littorines, le *Cyclostome*, s'est adaptée à la vie terrestre et vit sur la terre humide au milieu des haies.

II. *Les Opistobranches*. — Ils sont caractérisés par ce fait que leur branchie est placée en arrière du cœur, au contact immédiat de l'oreillette, ainsi que l'indique la figure 434 (à gauche).

Mais par le reste de leur organisation ils rappellent les Prosobranches Monotocardes comme le montre la figure 434 : un seul rein, une branchie et une oreillette. Il n'y a de différence que pour le système nerveux comme nous le verrons plus loin. Leur torsion est peu accentuée et souvent nulle.

Il existe en effet quelques espèces qui possèdent une symétrie bilatérale à peu près parfaite, telles que les *Doris* et les *Eolis* (fig. 435) ; elles n'ont ni manteau, ni coquille, ni branchie interne et leur corps, allongé, est complètement mou ; à la place de la branchie ordinaire il s'en est développé d'autres sur la face dorsale du corps. C'est ainsi que les *Doris* possèdent, au voisinage immédiat de l'anus, une petite couronne de branchies rameuses *Br* que l'animal peut faire rentrer dans une petite cavité. Les *Eolis* en possèdent quatre rangées dorsales sur chaque moitié du corps ; ce sont de simples petits prolongements de la peau en forme de papilles.

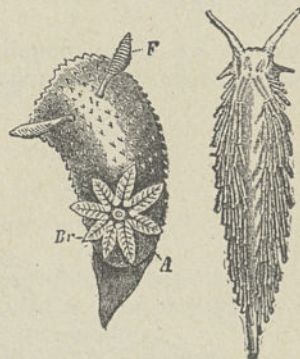


Fig. 435. — Opistobranches.

A gauche, *Doris* avec ses branchies *Br* au centre desquelles s'ouvre l'anus *A*. — *F*, tentacules. — A droite *Eolis*.

III. *Les Pulmonés*. — On désigne sous ce nom un certain nombre de Mollusques, tels que l'Escargot et la Limace, qui se sont adaptés à la vie aérienne (fig. 436 et 437).

Comme conséquence la branchie n'existe pas et la chambre palléale est remplie d'air qui y pénètre par un orifice spécial, le *pneumostome*, placé du côté droit. Cet air traverse ensuite la paroi interne du manteau qui joue le rôle de membrane respiratoire, et passe dans de nombreux petits vaisseaux sanguins qui circulent dans le plafond de la chambre palléale. Cette dernière ainsi transformée en chambre à air est communément désignée sous le nom de *poumon*.

2° Deux *ganglions pédieux* qui innervent le pied et sont unis l'un à l'autre par une commissure ; ils sont placés sous l'œsophage et réunis aux cérébroïdes par un connectif *nn'* qui forme un *premier collier œsophagien* ;

3° Les *ganglions viscéraux* qui, ici, sont généralement au nombre de cinq, au lieu de deux que possèdent les Lamellibranches. Ils innervent les viscères et sont également situés sous l'œsophage, échelonnés sur un long cordon nerveux *c, c'*, qui les relie aux cérébroïdes ; ce cordon, ou *grande commissure viscérale*, passe sous l'intestin et constitue de la sorte un *second collier œsophagien*, beaucoup plus long que le premier.

Les deux premiers ganglions viscéraux se rendent au manteau et sont

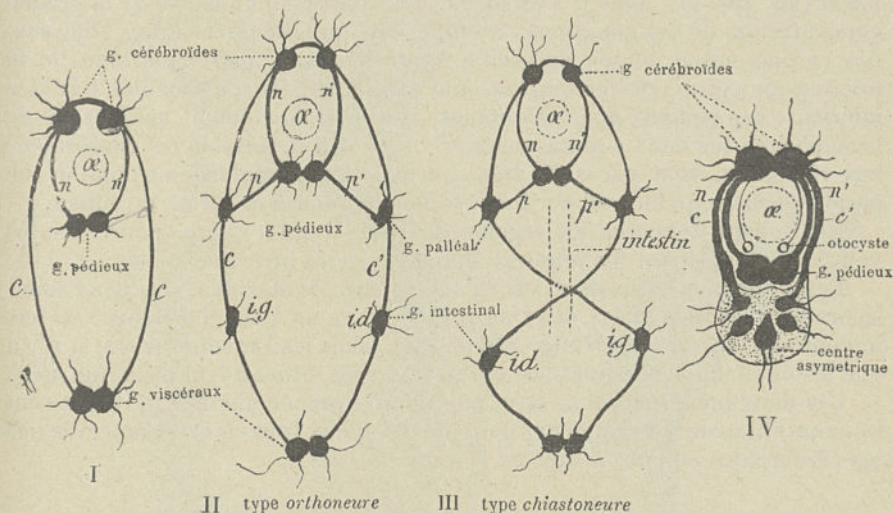


Fig. 438. — Schéma du système nerveux des Mollusques.

I. Lamellibranches. — II. Gastéropodes opisthobranches. — III. Gastéropodes prosobranches. — IV. Escargot.

appelés les *ganglions palléaux* ; les deux suivants *id* et *ig* sont les *intestinaux*, et la dernière masse, qui est parfois composée de plusieurs ganglions différents, constitue les *ganglions viscéraux* proprement dits.

Enfin chaque ganglion palléal est relié au pédieux du même côté par un nouveau connectif, *p* ou *p'*, de telle sorte que de chaque côté de l'œsophage les différents connectifs dessinent un triangle tel que *np*, que l'on appelle le *triangle latéral* des Gastéropodes.

Les ganglions intestinaux et le second collier œsophagien ou commissure viscérale *cc'* ne présentent pas la même disposition chez toutes les espèces :

1° Chez les *Prosobranches*, la masse viscérale, en se tordant de 180°, a entraîné avec elle les ganglions intestinaux *id* et *ig*. *Celui de droite est passé à gauche par-dessus l'intestin*, en suivant une marche inverse à celle des aiguilles d'une montre, *celui de gauche est passé à droite sous l'intestin* ; la commissure s'est ainsi trouvée croisée en forme d'*X* ; le ganglion *id* s'est trouvé ramené au-dessus de l'intestin (ganglion supra-intestinal) ; le ganglion *ig* est resté au-dessous (ganglion sub-intestinal) (fig. 438, III).

La torsion n'intéressant que la masse viscérale, tous les ganglions situés au voisinage de la tête n'ont pas changé de position.

L'entrecroisement de la commissure fait qualifier ce système nerveux de *chiastoneure*;

2° Chez les *Opisthobranches*, la torsion de la masse viscérale est peu accentuée ou même nulle ainsi que nous l'avons déjà exposé ; il en résulte que la commissure viscérale n'est pas entrecroisée, et que le système nerveux présente la disposition de la figure 438, II. On le qualifie pour cela d'*orthoneure*. Tous les ganglions viscéraux ont gardé leur position primitive sous l'intestin ;

3° Chez les *Pulmonés*, tous les ganglions se sont concentrés autour de l'œsophage, de telle sorte qu'ils n'ont pas été atteints par la torsion qui s'est produite dans la masse viscérale, et le système nerveux est encore *orthoneure* (fig. 438, IV). Mais il a un aspect tout particulier à cause de la grande concentration de ses ganglions : les différents ganglions viscéraux sont soudés en une masse unique appelée le *centre asymétrique*, dans laquelle le microscope permet de reconnaître cinq ganglions ; ils sont accolés à la face inférieure des pédieux qui, eux-mêmes, sont immédiatement au-dessous de l'œsophage ; les deux commissures *cc'* et *nn'* qui réunissent les cérébroïdes aux viscéraux, sont par suite très courtes, et rapprochées au point de ne paraître former qu'un seul cordon œsophagien élargi en forme de ruban.

Pour ce qui concerne les organes des sens il n'y a guère encore que les yeux, les otocystes et les organes tactiles qui sont bien spécialisés.

Les Pulmonés possèdent sur la tête quatre tentacules ; les deux antérieurs sont tactiles et les deux autres, toujours un peu plus longs, se terminent chacun par un *œil* (fig. 436 et 437). Chez les Prosobranches, il n'y a que les deux tentacules tactiles, et les yeux sont situés à leur base (fig. 433).

Les deux *otocystes* ont la structure décrite précédemment (p. 190) et sont toujours situés au voisinage des ganglions pédieux tout en étant innervés par les cérébroïdes comme le montre la figure 438, IV.

CLASSE III. — CÉPHALOPODES

Ces Mollusques sont ainsi appelés parce qu'ils possèdent autour de la tête un certain nombre de grands prolongements charnus ou *tentacules* servant à retenir la proie à l'aide des ventouses qui les recouvrent. Tous vivent dans la mer, sont nageurs et essentiellement carnassiers.

Prenons comme exemple la *Seiche* qui est commune sur nos côtes et qui fournit un produit utilisé pour la fabrication de l'encre de Chine et de la sépia (fig. 439 et 440).

Sa tête est entourée de dix bras *Br* armés de nombreuses rangées de ventouses sur toute leur face interne ; toutefois deux de ces bras *T* sont placés en dedans des huit autres, qui forment un cercle régulier ; ils ne portent de ventouses qu'à leur extrémité, peuvent se rentrer dans une cavité spéciale et sont appelés les *tentacules* ou encore les *bras préhensibles*, bien que tous servent dans une certaine mesure à la préhension grâce à leurs ventouses. L'ensemble de ces bras est regardé comme l'homologue du pied des autres Mollusques.

Une ventouse est une sorte de petite coupe remplie par un muscle central et bordée d'un cercle corné, à bords dentelés. Une fois qu'elle est appliquée sur une proie, son muscle se rétracte vers le fond à la façon d'un piston et pratique ainsi le vide en attirant fortement le tégument sur lequel elle est fixée.

La tête porte encore deux yeux énormes, *O*, puis elle est séparée du reste du corps par un étranglement très accentué, après quoi vient une autre partie volumineuse qui constitue tout le reste de l'animal et qui comprend principalement les viscères ; elle est entourée d'une nageoire latérale.

Cette masse viscérale est enfermée en totalité dans un sac fermé en arrière, ouvert en avant et dont la paroi constitue le *manteau* (fig. 441). Seulement ce manteau est soudé au corps sur toute la région dorsale et il n'est libre qu'à la face ventrale de l'animal, où il limite ainsi une large cavité *ch*, la *chambre palléale*. Celle-ci s'ouvre librement en avant selon le

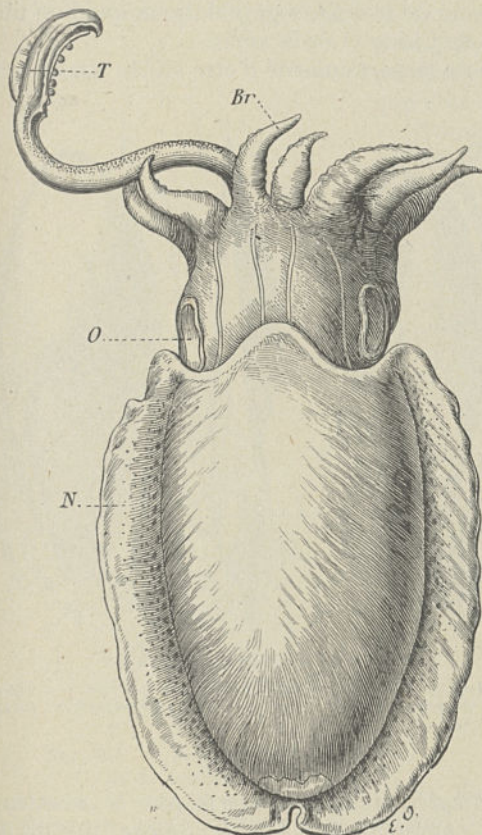


Fig. 439. — Seiche, vue de dos.

N. nageoire. — Br, bras. — O, œil. — T, tentacule gauche sorti ; le droit est rentré.

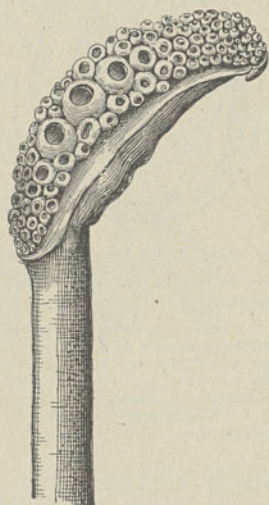


Fig. 440. — Extrémité d'un des grands bras ou tentacules de la Seiche, montrant ses ventouses.

bord libre du manteau, et renferme les branchies *br* ainsi que les orifices de l'intestin terminal, des *deux reins* et de la *poche du noir*.

Sur la ligne médiane, il existe un tube volumineux, l'*entonnoir* (s), qui est soudé au bord du manteau et à la paroi ventrale de l'animal, établissant ainsi une seconde communication de la chambre palléale avec le milieu extérieur. Cet entonnoir sert uniquement à la sortie de l'eau.

Celle-ci entre en effet librement dans la chambre branchiale par la grande fente que limite le bord du manteau ; puis l'animal contracte son manteau dont tout le bord s'appuie alors sur la paroi du corps, de telle sorte que l'eau ainsi pressée s'échappe par le seul orifice qui reste, c'est-à-dire par l'entonnoir.

Comme conséquence, l'eau projetée avec une certaine force à l'extérieur,

rejette l'animal en arrière ; c'est ce qu'il fait notamment lorsqu'il est inquiet ; en même temps il laisse échapper un liquide noir très foncé qui trouble la transparence de l'eau et lui permet d'échapper à ses assaillants. Ce liquide est contenu dans un réservoir *p* appelé la *poche du noir*, qui s'ouvre dans la chambre branchiale.

Évaporé, il laisse un résidu formé de très fines granulations que l'on utilise pour la fabrication de l'encre de Chine et de la sépia.

La *coquille* de la Seiche présente la particularité d'être située sur la face

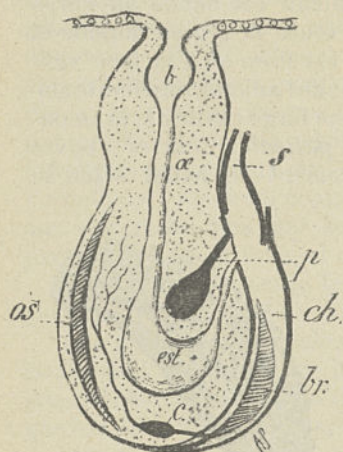


Fig. 441. — Coupe schématique de la Seiche pour montrer son organisation générale.

ch, chambre palléale limitée par le manteau (trait noir de droite) et renfermant la branchie *br* ; il y débouche la poche du noir *p* et le tube digestif. — *b*, bouche. — *α*, œsophage. — *est*, estomac. — *S*, entonnoir. — *os*, os sous le tégument dorsal. — *C*, le cœur.

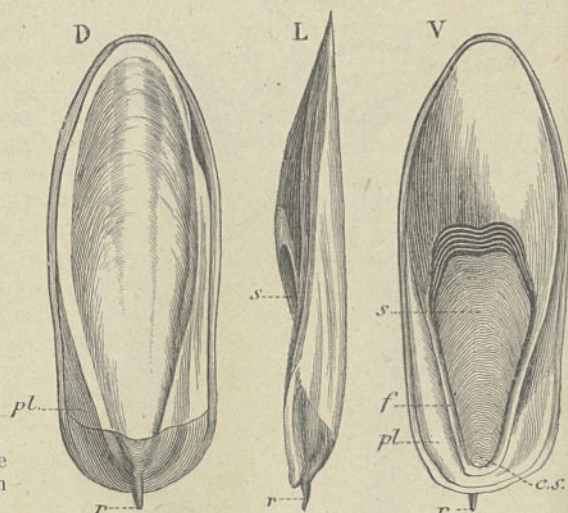


Fig. 442. — Coquille de Seiche.

D, face dorsale. — L, face latérale. — V, face ventrale. — *s*, région striée du proostracum. — *r*, rostre. — *cs*, loge initiale ou phragmocône.

dorsale de l'animal et d'être complètement recouverte par le manteau (*os*, fig. 441 et 442) ; on l'appelle communément l'*os de Seiche*, biscuit de mer ou *sépion* ; elle a la forme d'une large expansion sensiblement plane, le *proostracum* (*s*), constituée par de petites lamelles superposées de calcaire très tendre, que l'on donne à manger aux oiseaux¹. Son extrémité postérieure se termine par une toute petite pointe *r* qui correspond au *rostre* des Bélemnites, au-dessous de laquelle se trouve une petite cavité *cs* ou *phragmocône*, qui représente la *loge initiale* occupée par l'animal pendant la vie embryonnaire.

Cette coquille est donc en voie de régression très avancée, et au lieu d'abriter l'animal, c'est elle qui se trouve englobée par le manteau. Les Céphalopodes qui ont conservé leurs caractères primitifs, tels que les Nautilés, possèdent au contraire une coquille cloisonnée dans laquelle ils s'abritent.

Le *tube digestif* est courbé en forme de V et s'ouvre par son intestin ter-

¹ On regarde ces lamelles superposées comme l'équivalent des cloisons de la coquille du Nautilé (voir p. 540).

minal dans la chambre branchiale à la base de l'entonnoir. Il possède deux glandes salivaires *Gs* qui s'ouvrent au fond de la bouche ; un estomac renflé *Eb* situé au sommet du V et accompagné d'un *cæcum pylorique Es* également renflé ; enfin un foie *F* très volumineux, formé de deux lobes symétriques placés le long de l'œsophage (fig. 443).

Il déverse son liquide dans le *cæcum pylorique* par deux longs conduits *Hp* portant eux-mêmes latéralement de nombreux follicules glandulaires (*P*, fig. 443) que l'on regarde comme un *pancréas*.

Quant à la bouche, qui est située au centre du cercle des tentacules, elle est remarquable par la présence de deux mâchoires brunes, en forme de bec de perro-

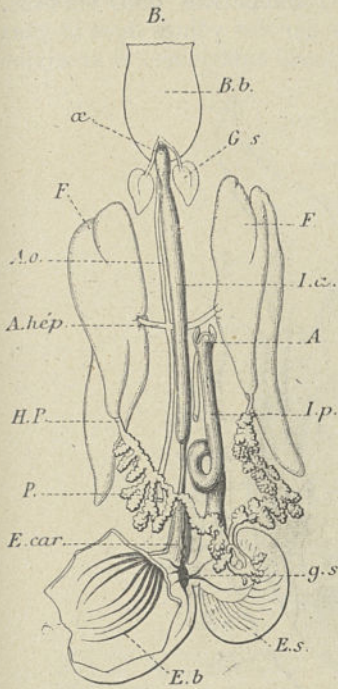


Fig. 443. — Tube digestif de la Seiche.

B. bouche; *o.*, œsophage. — *Gs*, glandes salivaires. — *la*, intestin antérieur. — *Eb* et *Es*, les deux parties de l'estomac; la première est broyeurse. — *F*, foie qui déverse son liquide par le conduit *HP* dont les parois lobées *P*, sont regardées comme un *pancréas*. — *Ao*, aorte. — *A*, *hép*, artère hépatique.



Fig. 444. — Deux rangées de dents de la radula de la Seiche.



Fig. 445. — Mandibules de la Seiche.

quet, d'une telle puissance qu'elles sont capables non seulement de briser la carapace des Crustacés, mais encore de percer le crâne de poissons de grande taille (fig. 445). Les muscles qui actionnent ces mâchoires sont eux-mêmes remarquablement développés, et forment une grosse masse arrondie qui limite antérieurement le fond de la bouche ou *pharynx*. Ce dernier est également armé d'une forte *radula* comme celle des Gastéropodes (fig. 444).

Les organes excréteurs (*Re* fig. 446 et *Gl.ur* 447) sont représentés par deux reins en forme de sacs volumineux qui sont situés à la face ventrale. Ils présentent bien chacun deux orifices comme chez les autres Mollusques, dont l'un *Our* s'ouvre dans la cavité branchiale, un peu en arrière de l'anus ; mais le second orifice débouche dans la cavité générale, où est situé le cœur, et non dans le péricarde, qui n'existe pas chez les Seiches.

L'appareil respiratoire (fig. 446 et 447) est représenté par deux branches *Br* situées au fond de la chambre branchiale, et constituées chacune par deux rangées de petites lamelles ondulées.

L'appareil circulatoire (fig. 447) rappelle celui des Lamellibranches; il comprend un ventricule *C* et deux oreillettes *Or* dans chacune desquelles débouche une *veine branchiale* qui amène le sang artériel des branchies. Le ventricule chasse ensuite ce sang dans les différentes parties du corps par une *artère postérieure* *Ai* et une *artère antérieure* *As*; cette deuxième est beaucoup plus importante que l'autre et se dirige en droite ligne jusque dans la tête, où elle se termine par une couronne de ramifications dans les bras.

Le sang sort ensuite des différents organes par des veines dont la plus importante, la *veine cave* (*Vc*), est parallèle à l'aorte antérieure, et se divise

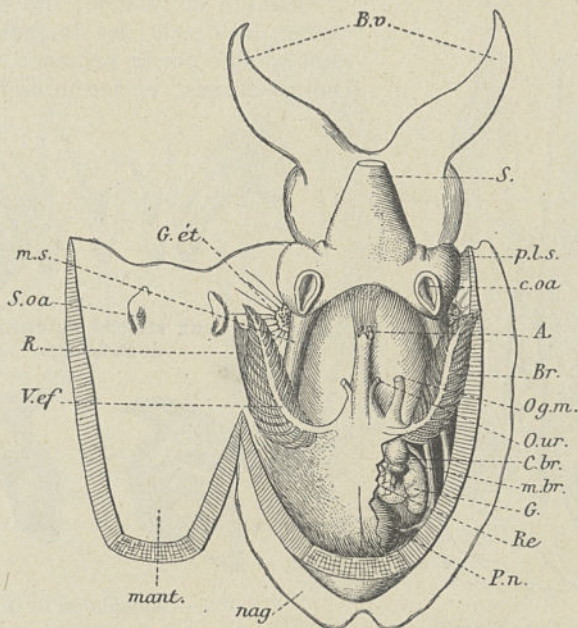


Fig. 446. — Seiche vue par sa face ventrale.

(Le manteau a été coupé sur la ligne médiane et rejeté à gauche.)

Br, bras. — S, siphon. — G. ét, ganglion étoilé. — A, anus. — Br, branchie.
Re, rein avec son orifice *O. ar.* — P. n, poche du noir; nag, nageoire; mant, manteau. — V. ef, vaisseau afférent.

inférieurement en deux branches qui se rendent chacune dans une branchie; chacune de ces branches possède un renflement contractile, le *cœur branchiale*, *CB*, qui communique une nouvelle impulsion au sang pour le lancer dans la branchie. Le système des vaisseaux est plus différencié que chez les autres Mollusques, car il existe des capillaires, et les lacunes sont infiniment moins développées.

Système nerveux et organes des sens. — Le système nerveux est composé des trois sortes de ganglions typiques des Mollusques, *cérébroïdes*, *pédieux* et *viscéraux*; seulement ils sont tous concentrés autour de l'œsophage, un peu en arrière du pharynx, et confondus à tel point qu'il est très difficile de les distinguer les uns des autres à un examen superficiel; ils se ramènent à une *masse sus-œsophagienne* et une *sous-œsophagienne*, réunies par un très large collier provenant de la soudure des connectifs et des commissures.

Ajoutons que ce système nerveux est logé dans une capsule cartilagineuse qui abrite en même temps les *yeux* et les *otocystes*.

Les *otocystes*, encore au nombre de deux comme chez tous les Mollusques, avoisinent comme d'habitude les ganglions pédieux.

Les *yeux* (fig. 448) sont remarquables non seulement par leur volume, mais encore par leur structure très complexe qui rappelle de très près celle des Vertébrés : ils comprennent en effet, une *scélérétique* transformée en

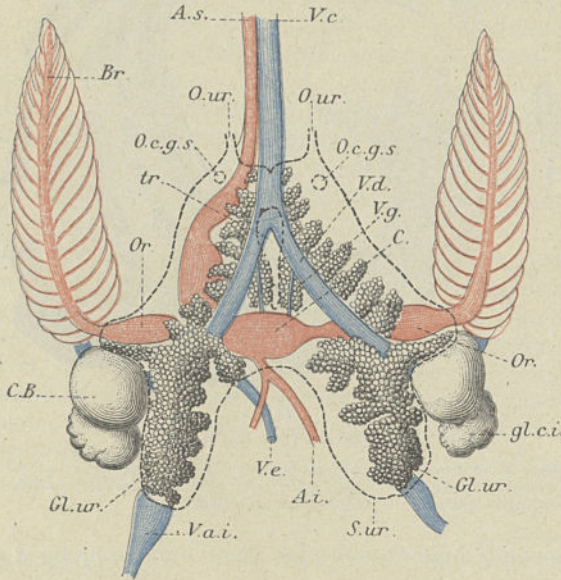


Fig. 447. — Branchies, cœur et reins de la Seiche.

Le sang artériel sort des branchies Br, pour aller dans l'oreillette Or, puis dans le ventricule C, qui le chasse finalement dans l'aorte antérieure As et la postérieure Ai. Le sang veineux revient par la veine cave Vc, les veines abdominales V.a.i, et les cœurs branchiaux CB. — GL.ur, les deux glandes urinaires lobées qui déversent leur produit dans les deux sacs limités en pointillé, lesquels s'ouvrent à l'extérieur en O.ur.

avant en une *cornée transparente*, une *choroïde*, une *rétine* et un énorme cristallin à peu près sphérique. La rétine est accompagnée d'une couche de pigment analogue à celui qui existe dans la peau.

On divise la classe des Céphalopodes en deux ordres : les *Tétrabran-*
chiaux et les *Dibranchiaux*.

1^{er} ORDRE. — **Tétrabran-**
chiaux.

Ils ont *quatre branchies*, un cœur à *quatre oreillettes* et *quatre reins*. Ils ont été très nombreux à l'ère primaire où ils constituaient la famille des Nautilidés (*Orthocère*, *Gyrocère*, etc.) et sont les plus anciens des Céphalopodes.

Aujourd'hui, ils ne sont plus représentés que par un seul genre, le *Nautilé*, qui vit principalement dans la mer des Indes. Sa tête porte une cinquantaine de tentacules rétractiles et dépourvus de ventouses. Il est abrité dans une coquille à tours spiralés et adjacents, divisée par des cloisons courbes *cl* en une série de loges de plus en plus grandes (fig. 449 et 450).

L'animal occupe d'abord la loge initiale ; devenu un peu plus grand, il se

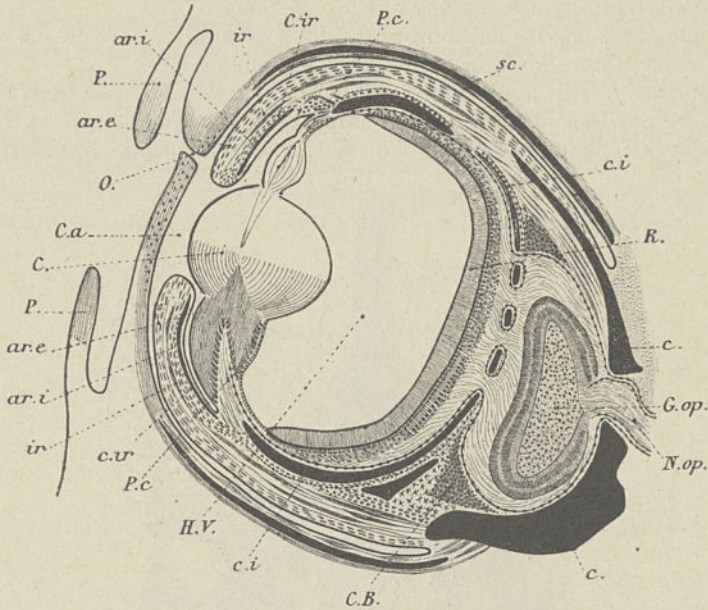


Fig. 448. — Oeil de la Seiche.

Derrière les paupières P, se trouve la cornée qui prolonge la sclérotique *sc*, et qui est percée d'un orifice O qui conduit dans la chambre antérieure de l'œil. Derrière l'iris *ar.e*, il y a le cristallin C, l'humeur vitrée HV et la rétine R. — N.op, nerf optique ; c et ci, cartilage protecteur.

sécète une seconde loge un peu plus vaste dans laquelle il émigre et ainsi de suite.

Les chambres abandonnées restent remplies d'air et sont traversées par

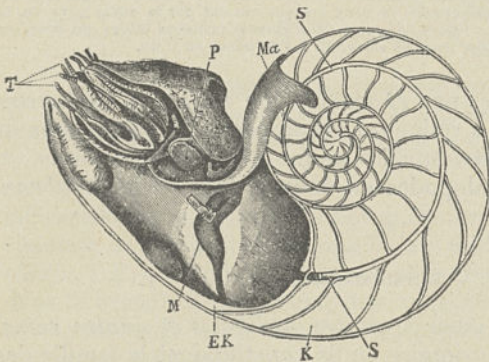


Fig. 449. — Nautilé dans sa coquille.

T, tentacules. — K, une des loges de la coquille remplie d'air. EK, chambre d'habitation. — P, œil. — Ma, manteau.

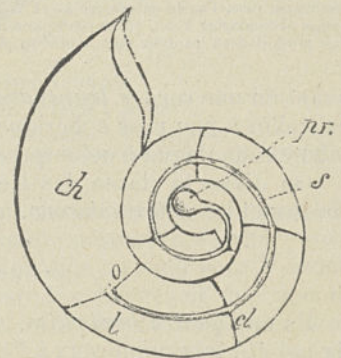


Fig. 450. — Coupe d'une coquille de Nautilé.

ch, chambre occupée par l'animal. — l, une des anciennes loges. — cl, cloison. — s, siphon. — pr, renflement du siphon ou protosiphon.

un tube s appelé le siphon, qui contient un prolongement du corps de l'animal par lequel celui-ci reste attaché au fond de la loge initiale. Ce siphon est

central, c'est-à-dire qu'il parcourt la région médiane des différentes chambres et présente au fond de la loge initiale un renflement très accusé *pr* appelé le *protosiphon*.

2° ORDRE. — Dibranchiaux.

Ce sont ceux qui possèdent *deux branchies, deux oreillettes* et *deux reins* comme la Seiche. C'est à ce groupe qu'appartiennent tous les Céphalopodes, moins le Nautilé. Les *Ammonites* et les *Bélemnites* qui ont présenté un si remarquable développement dans les mers secondaires, étaient aussi des Dibranchiaux.

Seulement, tandis que les *Ammonites* possédaient une coquille bien développée et cloisonnée, *celle des Dibranchiaux actuels est très rudimentaire ou même nulle*. Ces derniers se subdivisent en *Décapodes* pourvus de dix bras comme ceux de la Seiche, et en *Octopodes* qui n'en ont que huit.

I. — Tous les *Décapodes* ont une coquille rudimentaire et *cachée sous le manteau*. Ce sont : 1° la *Spirule* qui vit sur les côtes des mers du Sud ; coquille incomplètement cachée par le manteau, à tours ne se touchant pas et divisée en loges successives bien qu'elle n'abrite pas l'animal (fig. 451) ; siphon interne ou ventral ; — 2° la *Seiche* ; — 3° le *Calmar*, qui a deux nageoires latérales triangulaires et une coquille interne représentée par une pièce effilée et transparente, de nature cornée, appelée la *plume* du Calmar ; 4° les *Archileuthis* espèces pélagiques atteignant six mètres de longueur.

II. — Les *Octopodes* n'ont pas trace de coquille ; leurs huit bras sont réunis à leur base par une membrane continue et servent à la natation. A ce groupe appartiennent : le *Poulpe* ou *Pieuvre*, dont le corps est arrondi en forme de bourse et dont la taille peut être très grande : dans l'estomac d'un Cachalot de 13 mètres de longueur pêché dans l'Océan par le prince de Monaco en 1895, on trouva une centaine de Kg de Pieuvres dont beaucoup étaient encore intacts. L'une des espèces possédait des tentacules de la

grosesse des bras d'un homme et couverts de grandes ventouses armées chacune d'une griffe acérée comme celles des Carnassiers.

Citons encore l'*Elédone* qui sent le musc et l'*Argonaute* dont la femelle sécrète une sorte de petite nacelle calcaire dans laquelle elle dépose ses œufs ; cette nacelle est une production spéciale qui ne correspond pas à la

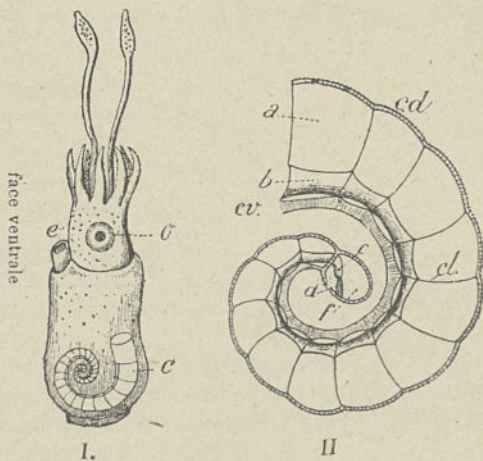


Fig. 451. — Spirule.

I. Animal entier avec sa coquille C située sous le manteau. — o, œil. — e, entonnoir. — II. Sa coquille grossie. — f, chambre initiale. — cl, cloison des autres chambres. — b, siphon. — a, dernière loge ; l'extrémité c du siphon ou *protosiphon* est reliée par un ligament d au fond de la loge initiale f.

coquille des autres Céphalopodes, parce qu'elle n'est pas sécrétée par le manteau et qu'elle n'est pas adhérente au corps, l'animal la maintenant seulement contre lui à l'aide de deux de ses bras élargis à cet effet en palettes. Le mâle en est dépourvu.

RÉSUMÉ DES CARACTÈRES DES MOLLUSQUES. — *Ce sont des Artiozoaires à corps non segmenté et à symétrie bilatérale quelquefois masquée par une torsion.*

Ils ont généralement une coquille à une ou deux valves ; les téguments sont mous et très riches en cellules glandulaires.

Le tube digestif est ouvert à ses deux bouts ; il est rectiligne ou recourbé en V.

Le cœur est toujours artériel et est généralement formé d'un ventricule accompagné d'une ou de deux oreillettes. Pas de capillaires complets.

La respiration est toujours branchiale et exceptionnellement aérienne.

Le système excréteur se compose d'une et le plus souvent de deux néphridies ou organes de Bojanus, s'ouvrant comme celles des Vers à l'extérieur et dans la cavité générale. Celle-ci est très réduite et ne comprend plus que le péricarde.

Enfin le système nerveux comprend toujours deux colliers œsophagiens.

CINQUIÈME EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

BRACHIOPODES

Les Brachiopodes sont des animaux marins qui possèdent une coquille à deux valves comme les Lamellibranches, auxquels ils ressemblent beaucoup extérieurement. Mais leur organisation générale est très différente de celle des Mollusques. Les principales différences externes qu'ils présentent avec les Acéphales sont les suivantes :

1° La position normale de la coquille d'un Lamellibranche est verticale, avec une valve à droite et l'autre à gauche ; leur plan de séparation coïncide avec celui qui divise les organes internes en deux moitiés symétriques.

La coquille d'un Brachiopode a au contraire une position horizontale et ses deux valves sont couchées ; l'une est ventrale, l'autre est dorsale, et leur plan de séparation est perpendiculaire à celui qui divise les organes internes en deux moitiés symétriques (fig. 452) ;

2° La valve ventrale est plus grande et plus bombée que la valve dorsale :

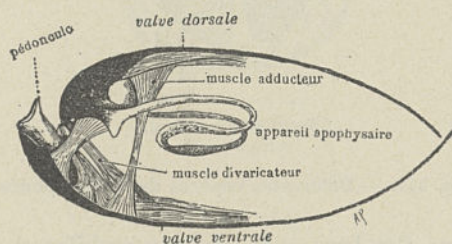


Fig. 452. — Coquille de Brachiopode.

elle sert pour ainsi dire de couvercle. Elle se prolonge au delà de la charnière, c'est-à-dire de l'articulation des deux valves, en une sorte de bec creux plus ou moins développé, qui livre passage à un cordon musculaire ou *pédoncule* par lequel l'animal se fixe aux pierres ;

3° Les Lamellibranches possèdent un ligament qui tend à maintenir les valves écartées, et dont l'action est contre-balancée par un ou deux muscles *adducteurs*, qui les rapprochent en se contractant.

Les Brachiopodes ne possèdent au contraire que des muscles pour ouvrir et fermer leur coquille : les *adducteurs* rapprochent les deux valves ; les *dédecteurs* ou *divaricateurs* sont fixés très obliquement, de telle sorte que leurs contractions font basculer la valve dorsale autour de sa charnière et la forcent ainsi à se soulever.

L'organisation interne présente des différences non moins considérables.

La *masse viscérale* est relativement très réduite et est située dans le voisinage de la charnière, où elle n'occupe qu'une très petite portion de l'espace

compris entre les deux valves. Le tube digestif est très court, recourbé, avec œsophage, estomac et intestin ; ce dernier est généralement terminé en cul-de-sac.

Il existe bien, comme chez les Lamellibranches, un manteau dont les deux moitiés tapissent les valves et limitent une grande chambre palléale communiquant librement avec l'extérieur quand les deux valves sont entr'ouvertes ; mais cette chambre abrite un appareil respiratoire très différent de celui des Mollusques.

Il consiste en deux baguettes cartilagineuses contournées en anse ou en spirale, que l'on appelle les *bras*, et dont l'un des bords porte une rangée de filaments charnus ou *cirres*, couverts eux-mêmes de cils vibratiles qui ser-

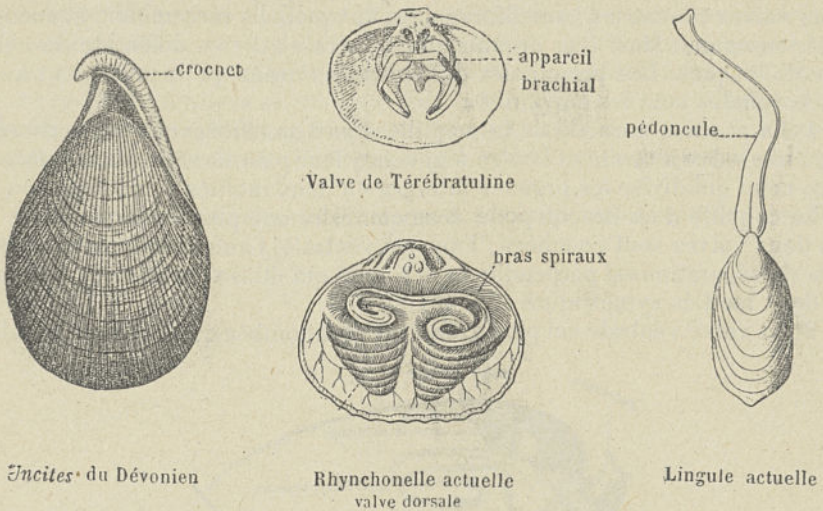


Fig. 453. — Différentes espèces de Brachiopodes.

vent à la respiration. Ces bras sont très peu mobiles et sont soutenus par des tiges calcaires dont la forme varie avec les espèces ; leur ensemble constitue ce qu'on appelle le *squelette des bras* ou *appareil apophysaire*. Ce squelette est toujours fixé sur la valve dorsale. La figure 453 représente celui de la Térébratuline et de la Rhynchonelle ; ce dernier est spiralé.

Ajoutons que la bouche se trouve à la base des deux bras, à leur point de jonction, et que les mouvements des cils déterminent un courant d'eau qui sert aussi bien pour la respiration que pour amener les particules nutritives à la bouche.

Il existe deux *néphrédies* ou reins qui s'ouvrent d'une part dans la cavité générale et d'autre part dans la chambre palléale.

L'appareil circulatoire est très mal connu ; il ne paraît pas y avoir de cœur et de vaisseaux différenciés, contrairement à ce que l'on a cru pendant longtemps.

Les Brachiopodes ont présenté un très grand développement dans les mers de l'ère primaire où l'on trouvait environ 50 Brachiopodes pour un Lamellibranche. Ils sont beaucoup moins nombreux aujourd'hui ; il n'y en a plus guère qu'un pour 50 Lamellibranches. Un certain nombre de ces

genres très anciens se sont perpétués jusqu'à l'époque actuelle. Tels sont :

1° Les *Lingules* qui vivaient dès le début de l'ère primaire et que l'on retrouve encore aujourd'hui dans les sables des plages des îles Molusques. Leur coquille est cornée, mince, sans charnière, et entre les deux valves il sort un pédoncule qui peut atteindre jusqu'à 15 centimètres de longueur, pour une coquille qui ne dépasse jamais 5 centimètres. C'est une espèce d'organisation très simple (fig. 453);

Les *Rhynchonelles* et les *Térébratules* qui étaient nombreuses dans les mers secondaires (Jurassique et Crétacé) vivent aujourd'hui dans la Méditerranée et la Mer du Nord. Ce sont les deux principaux genres actuels, auxquels s'ajoute la *Crania*, petite espèce de la Méditerranée qui ne dépasse pas 1 centimètre et qui est dépourvue de squelette brachial.

Les *Spirifers* et les *Productus* de l'ère primaire n'existaient déjà plus à l'ère secondaire.

SIXIÈME EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

PROTOCHORDÉS

On désigne sous ce nom des animaux dont l'organisation précède immédiatement celle des Vertébrés. Ils comprennent l'*Amphioxus* et les *Tuniciers*.

Ils sont essentiellement caractérisés par la présence d'un cordon cellulaire plein et brillant qui s'étend, dans la région dorsale, d'un bout à l'autre du corps et que l'on appelle la *chorde dorsale* ou *notochorde*. Ce cordon sert de soutien.

Au-dessus de cette chorde, et s'étendant parallèlement à elle d'une extrémité à l'autre du corps, se trouve le *système nerveux* qui est formé d'un simple cordon creux, légèrement renflé en avant chez les Tuniciers embryonnaires.

L'*appareil digestif* est un tube ouvert à ses deux bouts et situé au-dessous de la chorde, avec cette particularité que sa partie antérieure est utilisée pour la respiration. Dans cette région la paroi du corps est percée de fentes, appelées *fentes branchiales*, qui font communiquer la cavité du tube digestif avec l'extérieur. L'eau pénètre par la bouche, sort par les fentes et cède de l'oxygène aux vaisseaux qui circulent dans leurs parois.

L'embranchement des Protochordés comprend deux classes : les *Acrâniens* et les *Tuniciers*.

CLASSE I. — ACRANIENS

Elle est représentée uniquement par l'*Amphioxus*, qui a la forme d'un ver effilé à ses deux bouts et qui vit au fond de la mer, généralement enfoui dans le sable. Il atteint 7 à 8 centimètres de longueur (fig. 454 et 455).

Il possède un squelette très simple, représenté uniquement par la *chorde dorsale* (A), sorte de tige cylindrique formée seulement de cellules et de consistance presque gélatineuse ; il est vrai qu'elle est entourée d'une gaine de tissu conjonctif qui en augmente la résistance ; c'est la même chorde que nous retrouverons chez tous les embryons des Vertébrés.

Au-dessus se trouve le système nerveux C constitué uniquement par un petit cordon creux qui représente une moelle épinière ; celle-ci envoie même sur tout son parcours des nerfs rachidiens disposés sur quatre rangées. Mais le cerveau n'existe pas ; il est à peine indiqué par un très léger renflement de la partie antérieure de la moelle, d'où le qualificatif d'*acrâmien* donné à l'*Amphioxus*.

Sur chaque côté du corps on aperçoit très nettement une bande musculaire divisée en segments successifs ou *myomères*, dont le nombre atteint une soixantaine.

Le *tube digestif* s'étend presque d'un bout à l'autre du corps, parallèlement à la corde et à la moelle. La bouche est entourée d'une couronne de tentacules ou *cirres*. Le pharynx est extrêmement vaste et s'étend en arrière

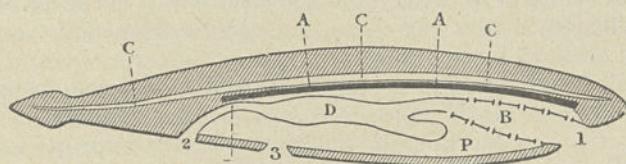


Fig. 454. — Schéma de l'Amphyoxus.

1, orifice d'entrée de l'eau et des aliments. — B, sac respiratoire avec l'orifice abdominal 3 pour la sortie de l'eau, qui passe d'abord dans la cavité générale ou péribranchiale P. — D, tube digestif et anus en 2. — A, corde dorsale. — C, système nerveux.

presque jusqu'au milieu du corps. De plus, ses parois sont percées de chaque côté d'un grand nombre de fentes branchiales (B), en forme de boutonnières.

L'eau entre par la bouche, sort par les fentes branchiales et tombe dans une grande cavité P qui entoure complètement le sac pharyngien, c'est-à-dire dans un espace compris entre le sac et la paroi du corps. Cette cavité s'ouvre

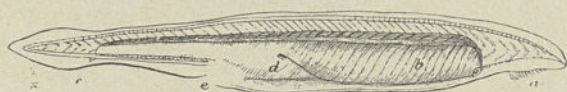


Fig. 455. — Amphyoxus vu latéralement.

a, bouche. — b, sac branchial. — c, anus. — e, pore abdominal.

à l'extérieur par un petit orifice situé en arrière, le *pore abdominal* (3), qui permet à l'eau de s'écouler au dehors.

Au delà du pharynx, le tube digestif se continue par un petit tube étroit D qui se termine à l'anus après un court trajet.

Le *système circulatoire* est formé comme chez l'homme de vaisseaux complètement clos, avec un système de capillaires ininterrompus. Entre les fentes branchiales il circule des petits vaisseaux remplis de sang qui s'y artérialise, et qui se réunissent tous dans la région dorsale pour former une sorte d'aorte, dans laquelle le sang artériel circule d'avant en arrière. Le sang veineux retourne ensuite à la branchie par un vaisseau ventral et médian qui envoie des ramifications entre les fentes branchiales. Ces ramifications sont pourvues de petits renflements contractiles destinés à donner au sang l'impulsion nécessaire pour assurer sa circulation. Elles suppléent ainsi au cœur qui manque, et c'est pour cela que l'Amphyoxus est encore qualifié d'*Acardien*.

CLASSE II. — TUNICIERS

Ces animaux sont ainsi appelés parce qu'ils ont le corps enveloppé dans une sorte de coque, appelée la *tunique*, dont la composition chimique est voisine de celle de la cellulose des végétaux (fig. 456).

A leur naissance, quand ils sortent de l'œuf, ils ont une forme qui rappelle assez celle d'un têtard de grenouille; ils ont 2 à 3 millimètres de longueur, avec une partie antérieure renflée et une queue effilée; leur organisation

générale rappelle de très près celle de l'Amphioxus. Leur *pharynx* est en effet dilaté et percé de fentes pour servir à la respiration. A sa suite se trouve une chorde dorsale cellulaire qui s'étend jusqu'à l'extrémité de la queue; au-dessus de la chorde, il y a un cordon nerveux creux qui se termine en avant par un renflement également creux, la *vésicule sensorielle*, qui abrite un petit œil ou *ocelle* et un petit organe auditif.

Sous cette forme, que l'on appelle la *larve*, l'animal nage pendant deux à trois jours, puis se colle aux cailloux ou aux algues par la partie antérieure de son corps qui est munie de petites papilles adhésives. Sa queue et son système nerveux se détruisent, absorbés par des phagocytes et il se développe un nouveau système nerveux, représenté par un petit ganglion situé entre la bouche et l'ouverture cloacale.

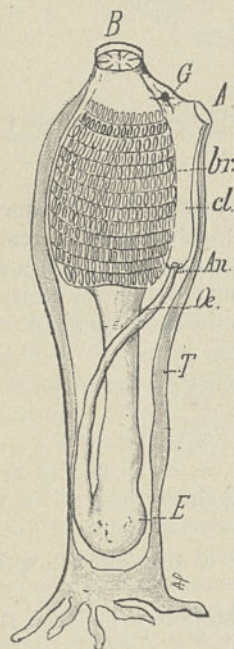


Fig. 456. — Une Ascidie (Claveline.)

B, bouche. — br, sac branchial. — œ, œsophage. — F, estomac. — An, anus, qui débouche dans le cloaque cl, lequel s'ouvre au dehors en A. — T, la tunique. — G, ganglion nerveux.

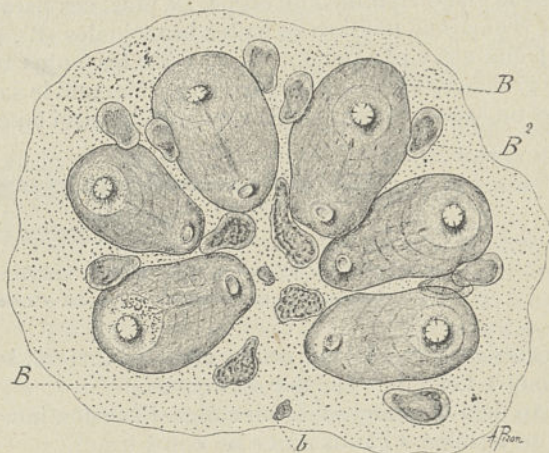


Fig. 457. — Colonie de Botrylles.

Elle comprend 6 adultes tels que B¹ accompagnés de leurs bourgeons B². Au centre, les restes granuleux, tels que B et b, de la génération précédente.

La bouche et l'orifice cloacal se portent à l'extrémité opposée au plan de fixation sur le sol et l'animal vit désormais sédentaire, ayant la forme d'un petit sac tel que celui que représente la figure 456. On dit qu'il a subi des *métamorphoses régressives*.

La partie antérieure du tube digestif est toujours différenciée en sac respiratoire Br, puis elle se continue par un estomac E et un intestin qui débouche dans la *cavité péribranchiale* cl environnant ce sac respiratoire.

La forme adulte ainsi réalisée s'appelle une *Ascidie simple*; elle est dégénérée par la fixation.

Il existe quelques Tuniciers dont la larve ne subit jamais de régression et continue à nager pendant toute sa vie, grâce à sa queue persistante. On les appelle les *Appendiculaires*.

D'autres espèces, après s'être fixées, bourgeonnent à des points déterminés de leur corps et engendrent ainsi des colonies qui atteignent souvent plusieurs décimètres carrés de surface. On les appelle les *Ascidies composées*.

Citons comme exemple de ces dernières les *Botrylles*, qui se multiplient par des œufs en été, tout en formant d'autre part un bourgeon à droite et un à gauche du corps. La larve sortie de l'œuf est remplacée en très peu de temps, par suite de ces bourgeonnements continus, par un assez grand nombre d'individus qui forment une colonie dans toute l'acception du terme, car des vaisseaux sanguins les relient tous les uns aux autres. Chaque individu bourgeonne de très bonne heure, alors qu'il n'est pas encore adulte et que ses orifices ne sont pas ouverts à l'extérieur. Puis une fois qu'il est devenu adulte, il ne reste à cet état que cinq ou six jours, après quoi il meurt ; ses

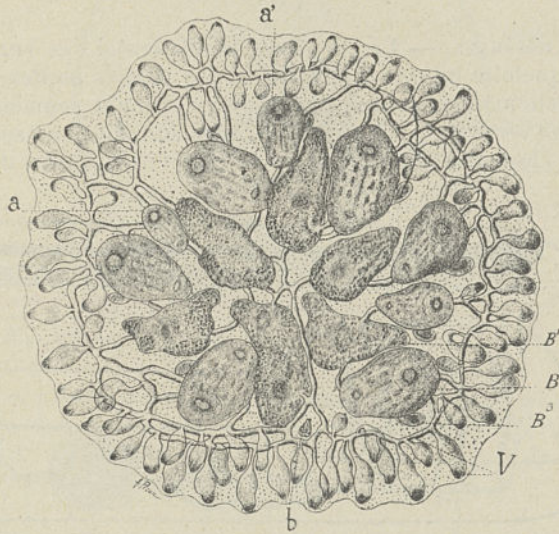


Fig. 458. — La même colonie de *Botrylles* quelques jours plus tard.

Les adultes B^1 sont en désagrégation ; leurs bourgeons B^2 ont grandi, mais sont encore enfouis dans la tunique et prennent à leur tour des bourgeons B^3 . — V, vaisseaux sanguins coloniaux avec ampoules périphériques remplies de sang.

tissus se désagrègent et se répandent dans les vaisseaux coloniaux où ils sont utilisés pour la nourriture des jeunes.

La figure 457 représente une jeune colonie de *Botrylles* composée de six adultes B^1 , avec leur orifice cloacal au centre et leur orifice branchial bordé de petites languettes. Chacun porte latéralement un ou deux jeunes bourgeons tels que B^2 . La tunique transparente dans laquelle ils sont enfouis renferme également des petites masses granuleuses telles que B et b qui sont les restes de la génération précédente.

Au bout de cinq à six jours d'état adulte, les individus les plus âgés B^1 meurent et se désagrègent peu à peu (fig. 458), tandis que leurs bourgeons B^2 grandissent rapidement pour devenir adultes quelques jours plus tard ; ils forment à leur tour de nouveaux bourgeons tels que B^3 . La même figure montre les vaisseaux qui font communiquer ensemble tous les membres de la colonie ; ceux de la périphérie portent de très nombreuses petites ampoules remplies de sang qui servent de réservoirs, en même temps que leurs parois très minces laissent passer directement dans le sang l'air dissous dans l'eau.

SEPTIÈME EMBRANCHEMENT DES ARTIOZOAIRES

VERTÉBRÉS

CARACTÈRES GÉNÉRAUX. — Le caractère fondamental des Vertébrés est de posséder un squelette interne qui soutient les parties molles du corps, et qui est essentiellement constitué par une tige osseuse segmentée en vertèbres, la *colonne vertébrale* CV (fig. 459), ressemblant dans ses traits généraux à celle de l'homme. Elle s'étend d'une extrémité à l'autre du corps, dans

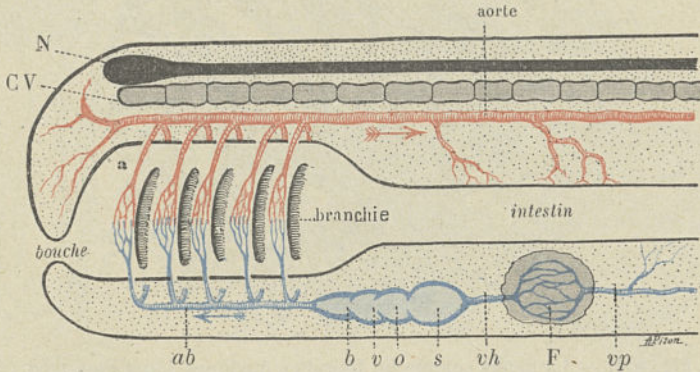


Fig. 459. — Schéma général d'un Vertébré. — Appareil circulatoire du Poisson.

N, chaîne nerveuse. — CV, colonne vertébrale. — vp, veine porte. — F, foie. — vh, veine hépatique. — s, sinus veineux. — o, oreillette. — v, ventricule. — b, bulbe artériel. — ab, artère branchiale. — a, une des cinq paires d'arcs aortiques.

la région dorsale, et son extrémité antérieure présente toujours une dilata-
tion creuse qui est le *crâne*.

Au-dessus de cette colonne vertébrale et parallèlement à elle, s'étend un
cordon nerveux, la *moelle épinière* N, qui envoie des ramifications régulières
ou *nerfs* dans les différentes parties du corps, et qui se renfle dans sa région
antérieure pour engendrer le *cerveau*; celui-ci est logé dans la cavité crâ-
nienne.

Les principaux organes sensoriels sont également localisés dans le crâne.

Le long de la face inférieure de la même colonne vertébrale s'étend
d'abord l'*aorte*, puis le *tube digestif* qui occupe ainsi une position ventrale.

Cette disposition du Vertébré est également indiquée par la figure 460,
qui représente la coupe transversale du corps. Elle diffère de celle des Vers
en ce que ceux-ci ont leur principal vaisseau sanguin *dorsal*, leur chaîne
nerveuse *ventrale* et sont privés de tout squelette.

Les différents organes des Vertébrés présentent un certain nombre
d'autres caractères généraux que nous allons passer rapidement en revue.

§ 1. **Symétrie et métamérisation.** — La *symétrie* du corps est franchement bilatérale. Dans la région du tronc on observe que les côtes, les nerfs rachidiens et certains muscles sont répartis très régulièrement par paires, chacune de celles-ci correspondant à une vertèbre. Cette segmentation est beaucoup plus étendue chez l'embryon ; les Squales par exemple possèdent

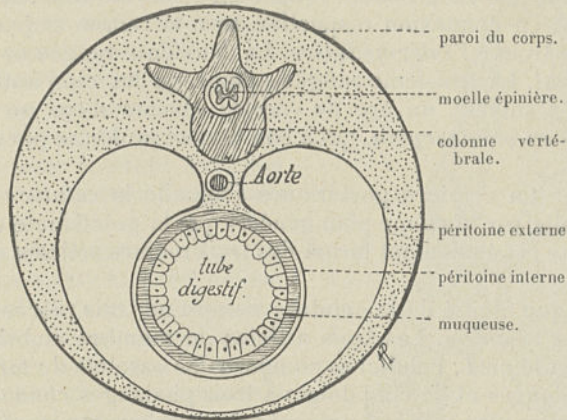


Fig. 460. — Coupe transversale du corps d'un Vertébré.

en outre au cours de leur vie embryonnaire des tubes urinaires distribués par paire dans chaque segment ; aussi regarde-t-on les Vertébrés comme les descendants d'animaux dont le corps était formé de *segments* ou *métamères* successifs à la façon des Vers.

§ 2. **Squelette.** — Le *squelette* passe par trois phases, état muqueux, état cartilagineux et état osseux. Il s'arrête à la première phase chez les Lam-

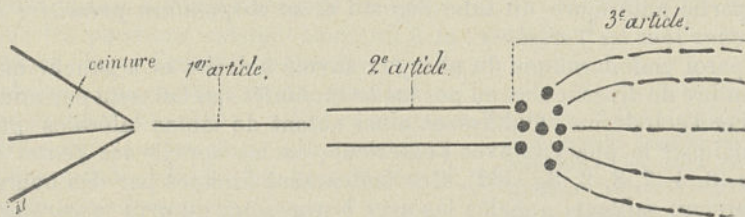


Fig. 461. — Schéma d'un membre de Vertébré (R. PERRIER, Zoologie).

proies, à la seconde chez les Poissons cartilagineux et à la troisième chez tous les autres Vertébrés, qui sont d'ailleurs de beaucoup les plus nombreux.

Les *membres* sont typiquement au nombre de quatre, deux à droite et deux à gauche. Ceux d'une même paire sont attachés au tronc par des pièces osseuses, disposées en forme d'arc, qui forment ce que l'on appelle une *ceinture* (fig. 461).

a. — La ceinture antérieure ou *ceinture scapulaire* se compose de deux moitiés symétriques, dont chacune comprend typiquement trois pièces : une *omoplate* dorsale, une *clavicule* ventrale, dirigée en avant, un *os coracoïde*

également ventral et dirigé en arrière. Quant à la partie mobile du membre antérieur, elle se divise en trois articles successifs comme chez nous : le *bras* (humérus), l'*avant-bras* (radius et cubitus) et la *main* (carpe, métacarpe et doigts).

Le carpe est typiquement composé de neuf petits osselets disposés sur trois rangées. La première rangée en renferme trois, le *radial* et le *cubital* qui sont en connexion respective avec le radius et le cubitus, et entre les deux se trouve l'*intermédiaire*. La deuxième rangée ne comprend qu'un os, le *central*. La troisième rangée comprend les cinq autres, ou *os carpiens*, disposés suivant un arc de cercle; chacun d'eux se continue par un os allongé ou *métacarpien*, qui à son tour se prolonge par un doigt à trois phalanges.

b. — La ceinture postérieure s'appelle la *ceinture pelvienne*; elle est construite sur le même plan général que la précédente et le membre qu'elle supporte est également formé des trois mêmes articles que le membre antérieur.

Chaque moitié de la ceinture comprend trois pièces soudées : l'*ilion*, le *pubis* et l'*ischion*. Les trois articles du membre mobile sont la *cuisse*, la *jambé* et le *pied*; celui-ci se compose des osselets du *tarse*, de *cinq métatarsiens* allongés et de cinq doigts à trois phalanges chacun.

Mais ce plan général présente de nombreuses modifications de détails, notamment dans le nombre et la conformation des doigts, suivant le genre de vie des animaux; par exemple les membres servant à la natation (poisson), au vol (oiseaux et chauves-souris), à la course (cheval), se terminent par des doigts qui se sont plus ou moins éloignés du plan typique en s'adaptant au mieux à la fonction qu'ils remplissent. Nous étudierons ces variations en détail à propos de chaque groupe.

§ 3. **Appareil respiratoire.** — La *respiration* est soit branchiale, soit pulmonaire; mais dans tous les cas l'appareil respiratoire se forme aux dépens de la partie antérieure du tube digestif et sa disposition primitive est la même chez tous les Vertébrés :

La paroi endodermique du pharynx envoie à droite et à gauche un certain nombre de diverticules ou *poches branchiales* qui finissent par atteindre et percer l'ectoderme, établissant ainsi autant de fentes latérales qui font communiquer le pharynx avec l'extérieur; on les appelle les *fentes branchiales* (3, 4, 7, 8, 9, fig. 462). Ces fentes sont limitées par des bourrelets transversaux saillants appelés les *arcs branchiaux* ou *arcs viscéraux*. Les deux premiers ont des noms spéciaux; ce sont l'*arc mandibulaire* AM et l'*arc hyoïdien* AH (fig. 462).

Chez tous les Vertébrés, les deux fentes latérales situées en avant de l'arc mandibulaire se réunissent sur la ligne médiane et deviennent la bouche (3, fig. 462), tandis que les deux arcs mandibulaires forment de leur côté la mâchoire inférieure; en outre ils poussent en haut des prolongements qui se soudent avec un bourgeon médian pour former la mâchoire supérieure, le nez et le front.

La paire de fentes qui suit l'arc mandibulaire (4, fig. 462) et que l'on a l'habitude de regarder comme la *première paire* des vraies fentes branchiales, devient la trompe d'Eustache chez tous les Vertébrés qui ont une oreille moyenne; elle s'oblitére chez les autres ou devient les événements.

Chez les *Poissons*, il vient ensuite quatre ou cinq autres paires de fentes (7, 7, 7, 8 et 9, fig. 462) servant spécialement à la respiration (cinq chez les Sélaciens, quatre chez autres poissons) : leurs bords externes se couvrent à cet effet de petites touffes de filaments qui sont des *branchies externes*; c'est la disposition primitive de l'appareil respiratoire; mais elle ne s'observe que momentanément chez certains Poissons au cours de leur développement embryonnaire (Sélaciens : raie, squale) et elles disparaissent de bonne heure pour faire place à des *branchies internes* qui se développent dans l'intérieur des poches branchiales. Tous les autres Poissons éclosent avec des branchies internes sans en avoir jamais pris d'externes.

Tous les *Batraciens* naissent avec des fentes garnies de *branchies externes*; celles-ci persistent pendant toute la vie chez certaines espèces (Protée, Siren); chez d'autres elles sont phagocytées au bout d'un temps variable et remplacées par des *branchies internes*; enfin ces dernières peuvent persister comme celles des Poissons (Salamandre du Japon), ou bien elles se détruisent par suite d'une adaptation à la vie aérienne et elles sont remplacées par deux poumons.

Les *Reptiles*, les *Oiseaux* et les *Mammifères* prennent également au cours de leur vie embryonnaire quatre ou cinq paires de fentes branchiales; mais celles-ci ne tardent pas à s'oblitérer et ne fonctionnent jamais comme appareils de respiration; les poumons existent toujours à la naissance; ils se forment par un diverticule œsophagien qui à un certain moment se divise en deux branches; celles-ci se continuent à leur tour par de nombreuses ramifications qui deviennent les branchioles et les alvéoles pulmonaires.

Chez l'homme il y a, comme chez les Mammifères, quatre paires de fentes branchiales, non compris celle qui est en avant de l'arc mandibulaire et qui devient l'ouverture buccale; leur existence est d'ailleurs très limitée, et on pense même que les diverticules endodermiques qui les constituent n'arrivent jamais à percer l'ectoderme; chez des embryons humains de 4, 6 et 8 millimètres, on les a toujours trouvés obturés. Mais quand bien même ces fentes ne seraient jamais ouvertes même momentanément, l'existence de leurs ébauches suffit pour montrer que les fentes branchiales représentent un processus général chez tous les Vertébrés, processus qui s'est modifié progressivement, sans toutefois s'effacer complètement chez ceux de

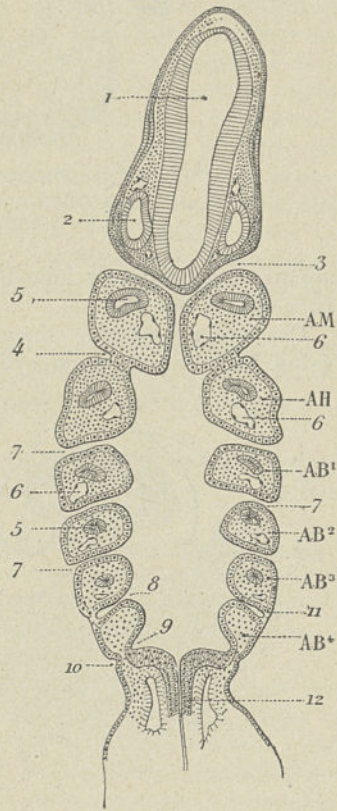


Fig. 462. — Coupe longitudinale d'un embryon de torpille montrant la formation des arcs branchiaux (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

AM, arc mandibulaire. — AH, arc hyoïdien. — AB¹... AB⁴, arcs branchiaux proprement dits. — 1, cerveau. — 2, oeil. — 3, fente située en avant du 1^{er} arc et devenant la bouche. — 4, fente oblitérée. — 7, 7, 7, trois fentes branchiales ouvertes. — 8 et 9, fentes branchiales non encore ouvertes.

ces animaux qui se sont adaptés à la vie terrestre : il est bien vrai de dire au sujet de ces fentes branchiales que les Vertébrés aériens possèdent momen-

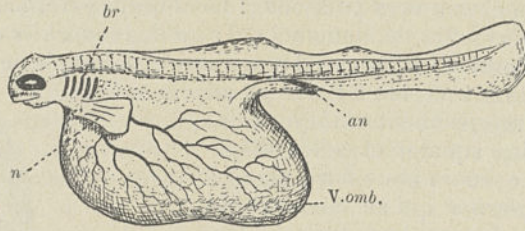


Fig. 463. — Embryon de Poisson (squale) venant d'éclore.
V. omb., vésicule ombilicale remplie de vitellus nutritif. — br, fentes branchiales.
n, nageoire pectorale. — an, anus.

tanément, au cours de leur développement embryonnaire, la disposition de leurs formes ancestrales.

Ces fentes tout en s'effaçant chez les Vertébrés supérieurs laissent des restes. La première, c'est-à-dire celle qui est comprise entre l'arc mandibu-

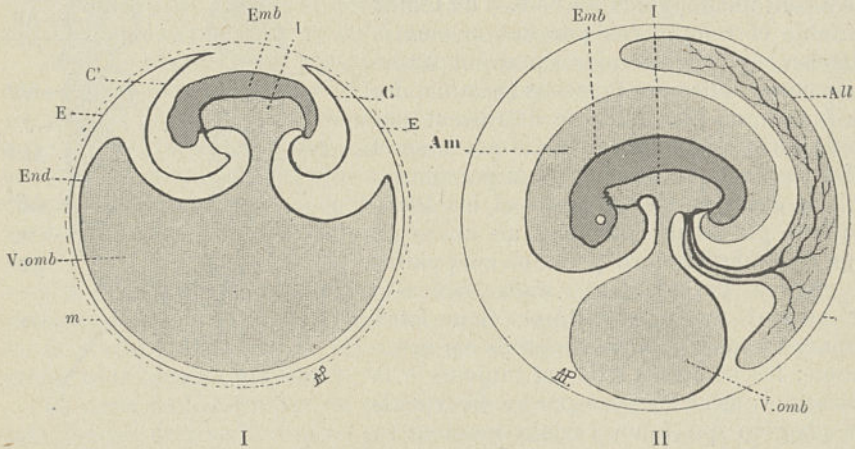


Fig. 464. — Embryons de Reptile ou d'Oiseau.

I. Emb, embryon avec son intestin I. — E, ectoderme et End, endoderme. — V. omb, vésicule ombilicale remplie de vitellus nutritif. — C repli ectodermique doublé d'une lame mésodermique formant un capuchon céphalique à l'embryon. — C, capuchon caudal formé de la même façon. — II. Les deux capuchons se sont réunis et forment l'amnion Am. — All, allantoïde avec ses vaisseaux sanguins. — m, membrane de l'œuf.

laire et l'arc hyoïdien, devient, avons-nous dit, la trompe d'Eustache chez l'homme et chez tous les Vertébrés à respiration aérienne. La deuxième paire est en relation avec les amygdales, la troisième pousse un diverticule qui devient le *thymus*, et la quatrième fournit le corps *thyroïde*.

§ 4. Appareil circulatoire. — L'appareil circulatoire se compose toujours d'un cœur à nombre variable de compartiments, d'un système d'artères distribuant le sang aux divers organes et d'un système de veines qui le ramènent au cœur; artères et veines se continuent directement les unes avec les autres sans jamais présenter de solution de continuité, ce qui fait dire que le système circulatoire des Vertébrés est clos.

Le sang est toujours rouge ; il est toujours formé de *leucocytes* et de *globules rouges* sur lesquels est fixée l'hémoglobine ; son rôle général est de véhiculer l'oxygène, les substances alimentaires digérées et les déchets de l'organisme que les organes excréteurs éliminent à leur tour au dehors.

§ 5. **Organes excréteurs.** — Chez tous les Vertébrés on trouve des organes excréteurs ou *reins*. Pendant la vie embryonnaire, l'appareil excréteur est formé d'une série de petits canaux disposés régulièrement par paires dans chaque segment du corps. Une de leurs extrémités s'ouvre dans la cavité générale par un petit pavillon vibratile ; l'autre communique avec l'extérieur, en débouchant dans un tube longitudinal ou *uretère primitif* qui s'ouvre dans le cloaque. Il existe un uretère à droite et à gauche du corps. Cette disposition est particulièrement remarquable chez l'embryon des Squales. Ces reins embryonnaires ressemblent tout à fait aux reins ou *néphridies* des Annélides (voir fig. 342) ; on les appelle encore des *organes segmentaires* parce qu'ils sont répartis régulièrement par paire dans chaque segment du corps.

Dans la suite du développement, la disposition régulière de ces tubes excréteurs disparaît ; il s'en forme un grand nombre d'autres qui s'enveloppent de tissu conjonctif et deviennent des masses compactes ou *reins primitifs*.

Les Poissons et les Batraciens conservent leurs reins primitifs pendant toute leur vie et beaucoup de leurs tubes gardent même leur pavillon vibratile.

Chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères ils s'atrophient et sont remplacés par deux autres reins massifs qui se forment en second lieu et qui fonctionnent pendant toute la vie ; ce sont des *reins secondaires* qui ne sont pas du tout les homologues de ceux des Poissons ou des Batraciens.

§ 6. **Enveloppes embryonnaires.** — Les enveloppes qui protègent les embryons sont différentes suivant les conditions dans lesquelles se fait le développement. Les Mammifères seuls sont *vivipares*, c'est-à-dire que l'œuf subit tout son développement dans l'intérieur de l'organisme maternel qui lui fournit régulièrement les matériaux nutritifs dont il a besoin ; à sa naissance, le jeune a tous ses organes constitués et se nourrit pendant les premiers mois qui suivent, du lait que secrètent les mamelles de la mère.

Tous les autres Vertébrés sont *ovipares* : l'embryon se développe en dehors de l'organisme maternel et trouve dans l'œuf les matériaux nutritifs qui lui sont nécessaires (p. 11).

Les enveloppes embryonnaires ne sont pas les mêmes chez les *ovipares aquatiques* et chez les *ovipares terrestres*.

Chez les premiers, *Poissons et Batraciens*, les embryons ne sont entourés d'aucune membrane spéciale (fig. 463) ; ils sont à nu dans l'eau, couchés sur leur *vitellus nutritif*.

Nous avons exposé en effet antérieurement (p. 18) qu'il n'y a qu'un certain nombre des cellules issues de la segmentation de l'œuf qui prennent part à la formation des tissus de l'embryon, qui occupe l'un des pôles ; les autres constituent une réserve nutritive ou *vitellus* qui est fixée à la partie inférieure de l'embryon pour le nourrir. Chez les Poissons, en particulier, le vitellus constitue un sac relativement volumineux et saillant (V, omb. fig. 463),

suspendu sous l'abdomen et que l'on appelle la *vésicule ombilicale* ; il se vide progressivement à mesure que l'embryon grandit.

Chez les *Reptiles* et les *Oiseaux*, qui sont des *ovipares terrestres*, les œufs étant pondus dans la terre ou à la surface du sol, ont besoin d'être protégés ;

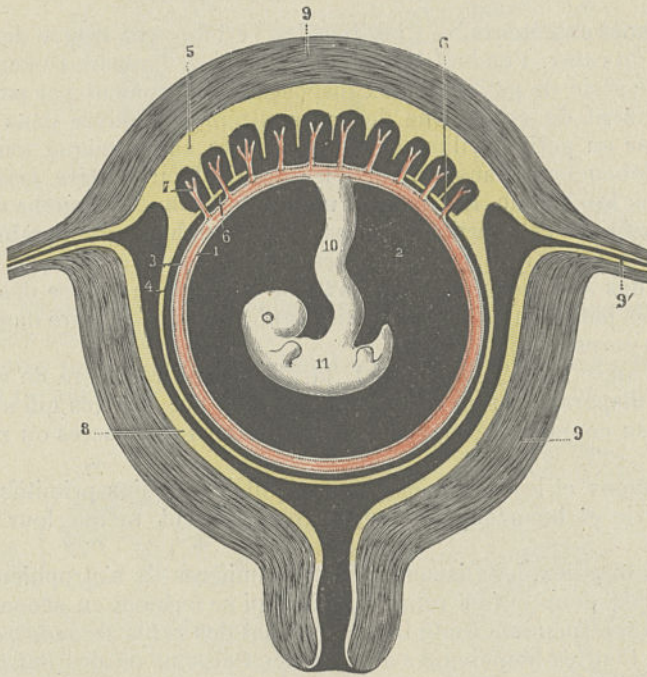


Fig. 465. — Embryon de mammifère dans la poche utérine (L. TESTUT, *Anatomie humaine*).

1, paroi de l'amnios. — 2, cavité de l'amnios. — 7, villosités placentaires pénétrant dans la paroi utérine. — 9, paroi de l'utérus. — 10, cordon ombilical parcouru par les vaisseaux sanguins venant du placenta. — 11, embryon.

il se développe autour des embryons deux membranes spéciales destinées à en assurer la *protection* et la *respiration* ; c'est l'*amnios* en dedans et l'*allantoïde* en dehors ; leur formation a été déjà expliquée (p. 20).

L'*amnios* (*Am*, fig. 464) se développe le premier ; c'est un sac rempli de liquide dans lequel flotte l'embryon, qui se trouve ainsi protégé et placé dans les mêmes conditions que les embryons aquatiques. D'autre part l'intestin pousse en dehors un diverticule creux qui grandit rapidement et recouvre toute la face externe de l'amnios, constituant ainsi une seconde enveloppe protectrice (*All*, fig. 464). Mais celle-ci joue aussi un *rôle respiratoire* : de nombreux vaisseaux sanguins partant de l'embryon vont se ramifier dans cette allantoïde ; l'oxygène de l'air extérieur passe par osmose à travers ses parois et va se combiner directement avec l'hémoglobine des globules rouges. La *vésicule ombilicale* se vide progressivement de son vitellus.

Enfin chez les Mammifères qui sont *vivipares* et subissent leur développement dans une poche maternelle, l'*utérus* (9, fig. 465), il se forme encore autour de l'embryon une poche d'eau ou *amnios* (2, fig. 465) ainsi qu'une *allantoïde* ; seulement celle-ci ne conserve pas la même disposition que chez

les Oiseaux et les Reptiles ; elle pousse des sortes de racines (7, fig. 465) qui pénètrent dans les parois de l'utérus et qui ont pour double rôle de fixer l'embryon en même temps que d'absorber le sang maternel. L'allantoïde ainsi modifiée s'appelle le *placenta* ; sa formation a été exposée antérieurement (p. 20).

7° *Classification*. — On divise les Vertébrés en cinq classes d'après la conformation de l'ensemble de leurs organes, *Poissons*, *Batraciens*, *Reptiles Oiseaux* et *Mammifères*.

Leur mode de développement que nous venons d'indiquer permet d'autre part de les répartir en deux grandes sections : 1° les *Anamniens* ou *Anallantoïdiens*, dépourvus d'amnios et d'allantoïde, et comprenant les Poissons et les Batraciens ; 2° les *Amniens* ou *Allantoïdiens*, qui possèdent un amnios et une allantoïde et qui comprennent les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères.

PREMIÈRE CLASSE DES VERTÉBRÉS

POISSONS

Pour étudier les caractères généraux d'une classe quelconque de Vertébrés, il faut passer successivement en revue la disposition et le fonctionnement de chacun des organes principaux : téguments, squelette, appareils de la digestion, de la circulation et de la respiration, système nerveux et organes des sens.

§ 1. **Téguments.** — La peau des Poissons se compose comme celle de tous les autres Vertébrés d'un *derme* et d'un *épiderme*, mais elle est toujours très mince.

L'épiderme stratifié a toutes ses cellules vivantes et ne possède pas de couche cornée, sans doute parce qu'il n'est jamais exposé à l'air.

Le derme présente la particularité d'engendrer des *écailles* qui recouvrent toute la surface du corps et sont caractéristiques des Poissons. Elles se développent absolument de la même manière que les dents : un renflement ou papille dermique engendre de l'os ou de l'ivoire ; il est coiffé de l'assise la plus profonde de l'épiderme, dont les cellules cylindriques sécrètent une couche d'émail. Au centre de l'écaille, il reste même souvent une pulpe riche en vaisseaux et en nerfs.

Ajoutons qu'il se développe un peu partout sur le plancher et le plafond de la bouche, et même sur la langue à l'entrée de l'œsophage, des plaques osseuses qui servent dans une certaine mesure à la mastication. Or ces plaques, ainsi que les dents qui garnissent les maxillaires, se développent exactement par le même processus que les écailles ; de sorte que ces différentes formations, dents et écailles, sont des productions de même ordre.

mais qui jouent un rôle différent selon la région où elles se développent : dans la bouche, elles peuvent servir à saisir et à couper les aliments, car la véritable mastication y est toujours à peu près insignifiante ; à la surface du corps, elles servent d'organes de protection ou de recouvrement.



Fig. 466.

Écaille cycloïde de la Carpe (à gauche).
Écaille cténoïde de la Perche (à droite).

On divise les écailles en quatre catégories d'après leur forme :

1° Les *écailles cycloïdes* (fig. 466) qui sont très minces, arrondies et imbriquées les unes sur les autres, en formant des rangées très régulières (tous les Poissons osseux ou *Téléostéens*, tels que la carpe, le hareng, la sardine, etc.) ; l'émail qui les recouvre disparaît avec l'âge ;

2° Les *écailles cténoïdes* (fig. 466) qui ont la même forme générale que

les précédentes, mais qui possèdent des petites dents sur leur face libre (exemple, la perche);

3° Les *écailles placoides*, qui ont la forme de petites plaques munies souvent en leur milieu d'une épine saillante; elles ont tout à fait la structure des dents, avec ivoire et pulpe centrale; elles se trouvent chez la Raie, le Squal, etc. (ordre des Sélaciens). Elles donnent à la peau un aspect chagriné;

4° Les *écailles ganoïdes* (*ganos*, brillant) ainsi appelées parce qu'elles sont recouvertes d'une couche épaisse d'émail qui les rend brillantes. Ce sont des plaques losangiques, telles que celles qui forment des files longitudinales sur les Esturgeons. Elles sont formées d'une *substance osseuse* et les Poissons qui en possèdent forment l'ordre des *Ganoïdes* (esturgeon).

§ 2. **Tube digestif** (fig. 467). — Il a la même disposition générale que celui de tous les autres Vertébrés : c'est un tube ouvert à ses deux extrémités avec, sur son trajet, un renflement allongé qui représente un estomac. Mais il y a lieu d'y noter les particularités suivantes :

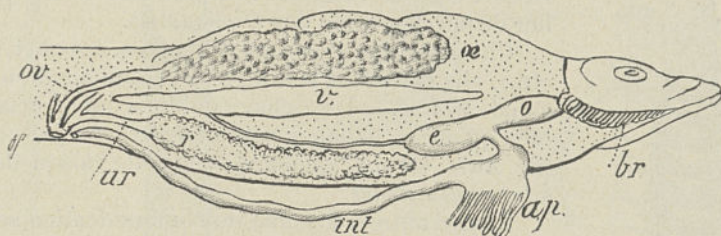


Fig. 467. — Tube digestif de Poisson.

o, œsophage. — *e*, estomac dont le fond communique avec la vessie natatoire *v*. — *ap*, appendices pyloriques. *int*, intestin tiré hors du corps. — *r*, l'un des deux reins avec son uretère *ur*. — *œ*, l'une des deux masses d'œufs avec son oviducte *ov*. — *br*, branchies.

1° Le fond de la bouche est très dilaté et loge à droite et à gauche les branchies *br*.

Les dents sont implantées dans la muqueuse et existent un peu partout dans toute la bouche, même sur la langue. Leur forme est très variable, et celles qui garnissent les bords des mâchoires sont généralement pointues. Elles servent plutôt à saisir et à retenir les aliments qu'à les mastiquer. Elles sont généralement remplacées quand elles sont hors d'usage.

C'est ainsi que les Requins possèdent sur le bord de leurs mâchoires une rangée de dents triangulaires et aiguës, inclinées en dedans; en arrière de chacune de ces dents s'en trouve huit à dix autres, disposées sur une file régulière et couchées sur la face interne de la mâchoire : ce sont autant de dents de remplacement qui se redresseront successivement et viendront occuper la place des plus anciennes quand elles seront tombées;

2° Les glandes salivaires n'existent pas, les Poissons ayant la faculté d'avaler autant d'eau qu'il leur en faut en même temps que leur nourriture solide;

3° A l'origine de l'intestin se trouve toujours une touffe de tubes étroits et terminés en cul-de-sac, les *cæcums pyloriques* *ap*, qui sécrètent un liquide analogue au suc pancréatique. Le pancréas y est cependant presque toujours bien développé, ainsi que le foie et la rate;

4° L'intestin *int* est toujours court et ne se replie guère qu'une ou deux fois : celui des *Sélaciens* (raie, squal) et des *Ganoïdes* (esturgeon) renferme à son intérieur un *repli disposé en spirale* qui augmente considérablement la surface d'absorption (fig. 468). Il débouche à l'extérieur au voisinage immédiat de deux petits orifices qui servent à la sortie des œufs, et de deux autres qui servent à l'expulsion de l'urine. Toutefois chez les *Sélaciens* ces différents orifices s'ouvrent tout d'abord au fond d'une poche, le *cloaque*, qui communique à son tour à l'extérieur par un orifice unique.

Les reins *r*, au nombre de deux, sont allongés et possèdent chacun un uretère *ur* (fig. 467).

5° Enfin beaucoup de Poissons possèdent au-dessus du tube digestif, sur la ligne médiane du corps, une poche à parois minces et résistantes appelée la *vessie natatoire* (*v*, fig. 467). Il est intéressant de constater qu'elle se forme comme les poumons, par un diverticule du tube digestif; *mais elle ne joue pas le rôle de poche respiratoire* parce que ses parois reçoivent, comme n'importe quel autre organe, du sang artériel qui en ressort à l'état veineux (voir plus loin le cas particulier de la respiration des *Dipneustes*).

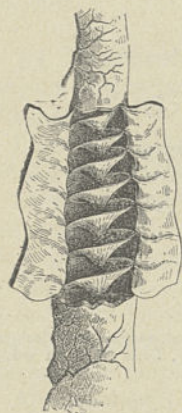


Fig. 468. — Portion d'intestin de *Squal* ouverte pour montrer le repli spiral.

Chez certains Poissons (*Ganoïdes*, brochet, carpe, etc.), elle reste tout le temps en communication par un canal étroit avec l'œsophage qui lui a donné naissance, bien qu'aucun échange gazeux ne se fasse par ce canal (fig. 467); ils sont qualifiés pour cette raison de Poissons *physostomes*.

Chez d'autres, le canal de communication se ferme de bonne heure et la vessie est un sac gonflé et complètement clos; *exemples* : la perche, le merlan et les poissons plats tels que la sole, la limande, le turbot, etc., qui sont qualifiés pour cette raison de *physoclistes*.

La vessie natatoire ne paraît servir à l'animal que pour monter et descendre entre deux limites déterminées. Quand elle est un peu comprimée par les contractions des muscles du tronc, le poids spécifique du poisson augmente et il s'enfonce davantage : quand les mêmes muscles reviennent au repos, la vessie se dilate et l'animal remonte vers la surface. Toutefois, on conçoit que les variations du volume de la poche étant forcément limitées, le poisson ne s'enfonce et ne s'élève qu'entre deux limites également déterminées. Aussi quand on ramène à la surface de l'eau des poissons qui vivent aux grandes profondeurs, les trouve-t-on toujours morts, parce que la trop grande diminution de pression fait dilater la vessie à tel point qu'elle presse énormément tous les autres organes et en arrête le fonctionnement.

§ 3. **Squelette.** — Les Poissons se subdivisent en deux grandes catégories d'après la nature de leur squelette : ceux qui restent entièrement *cartilagineux* pendant toute leur vie et ceux qui sont complètement *ossifiés*.

Les premiers comprennent l'ordre des *Cyclostomes* (lamproie), des *Sélaciens* (raie, squal), des *Dipneustes* (cératodus) et un certain nombre de *Ganoïdes* (esturgeon).

La plupart des autres constituent l'ordre tout entier des *Téléostéens* ou *Poissons osseux* (carpe, perche, etc.).

Il y a lieu d'étudier successivement la disposition des trois régions de ce squelette : *colonne vertébrale, tête et membres*.

I. Colonne vertébrale. — Prenons comme exemple celle d'un Poisson osseux tel que la carpe ou la perche. Dans le cours de son développement, elle passe par les trois mêmes stades successifs que les os de cartilages, stade *muqueux, cartilagineux et osseux*.

1° Stade muqueux. — Chez l'embryon (fig. 469) la colonne vertébrale est tout d'abord constituée par une tige cylindrique continue, sans trace de

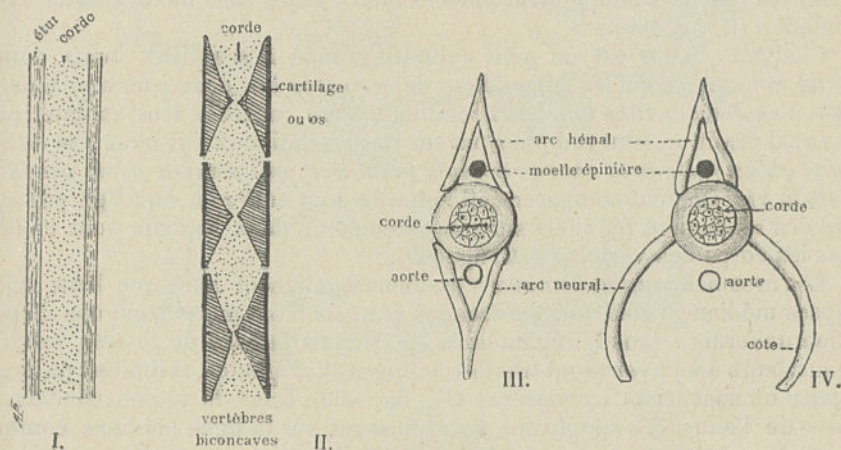


Fig. 469. -- Colonne vertébrale et vertèbres.

I, stade muqueux de la colonne vertébrale. — II, son état définitif. — III, coupe transversale d'une vertèbre de la partie postérieure du corps, d'abord *cartilagineuse*, puis *ossifiée*. — IV, coupe d'une vertèbre de la région antérieures. (Les mots *arc hémal* et *arc neural* ont été intervertis par erreur sur les figures III et IV.)

segmentation, étendue d'un bout du corps à l'autre; elle est uniquement formée de grandes cellules claires et vacuolaires, de faible consistance et s'appelle la *chorde dorsale* (I, fig. 469). Cette chorde est entourée d'une gaine de tissu conjonctif désignée sous le nom de couche *squelettogène*, parce que c'est ce manchon qui, en se sclérifiant dans la suite, engendrera les parties dures de la colonne vertébrale.

Sur tout le long de sa face dorsale, la couche squelettogène envoie deux bandes conjonctives qui vont se rejoindre l'une à l'autre et limitent ainsi un tube complet dans lequel est abritée la moelle épinière, ce qui le fait qualifier d'*arcade neurale*. La même chose se passe du côté ventral, où il se forme une seconde arcade, que l'on qualifie d'*arcade hémale* parce qu'elle loge l'aorte.

2° Stade cartilagineux. — Dans la couche squelettogène, il apparaît un peu plus tard un manchon de cartilage qui enveloppe la chorde dorsale et qui se segmente en tronçons réguliers représentant autant de corps de vertèbres (II, fig. 469).

A la face dorsale de chaque vertèbre, il se forme dans le tissu conjonctif de l'*arcade neurale*, deux apophyses également cartilagineuses, les *neura-*

pophyses, qui entoureront dorénavant la moelle épinière et qui, après s'être soudées, se continuent par un prolongement médian que l'on appelle l'*apophyse épineuse* ou *neurépine* (III, fig. 469).

La même chose se produit dans le tissu conjonctif de l'*arcade hémale*, et chaque vertèbre se trouve ainsi porter à sa face inférieure deux autres apophyses ou *hémapophyses*, qui entourent l'aorte et qui, après s'être réunies, se continuent par une apophyse médiane ou *hémépine*.

3° *Stade osseux*. — Enfin les différentes pièces cartilagineuses de la jeune Carpe sont peu à peu remplacées par des pièces osseuses de même forme, et à l'état adulte la colonne vertébrale se trouve composée d'une série de vertèbres osseuses simplement placées bout à bout, sans mode spécial d'articulation (II, fig. 469).

Chacune d'elles est un petit cylindre creusé à ses deux bouts d'une cavité conique, ce qui les fait qualifier de *vertèbres biconcaves* ou *amphicœliques*. Les deux cavités coniques communiquent encore à leur sommet par un canal étroit, et sont remplies par un tissu gélatineux qui n'est pas autre chose qu'un reste de la *chorde dorsale primitive*, qui persiste ainsi pendant toute la vie. On peut comparer cette chorde tout entière à une tige présentant des renflements réguliers sur son parcours et dans laquelle sont enfilés tous les corps des vertèbres (II, fig. 469).

Les arcs *neuraux* et *hémaux* s'ossifient également ainsi que leurs apophyses médianes. Toutefois les arcades *hémales* n'ont pas partout une disposition uniforme : dans la région du tronc, depuis la base de la tête jusqu'à l'anus, leurs apophyses sont très développées, divergentes, et limitent un large espace où sont logés les viscères (IV, fig. 469). Dans la région caudale, à partir de l'anus, ces apophyses se réunissent sur la ligne médiane comme au stade précédent et ressemblent tout à fait aux arcs *neuraux*, avec leur prolongement médian et inférieur, l'*apophyse hémale* ou *hémépine* (III, fig. 469).

Le squelette des *Cyclostomes* (Lamproie) ne dépasse guère le stade muqueux ; la chorde dorsale persiste entourée d'un étui cartilagineux qui donne un peu plus de résistance à la colonne vertébrale. Chez les *Sélaciens* (Raie, Squale, etc.) et certains *Ganoïdes* (Esturgeon), le squelette s'arrête au second stade et reste *cartilagineux* pendant toute la vie.

II. **Tête**. — La tête des Poissons est intimement soudée à la colonne vertébrale et ne peut effectuer aucun mouvement propre ; elle se déplace en même temps que le tronc tout entier.

Le crâne des Poissons cartilagineux est une simple boîte dont le plancher et la voûte sont d'une seule venue, sans la moindre soudure ; toutefois chez l'Esturgeon (ganoïde cartilagineux), il se développe dans le derme de la tête des plaques osseuses qui se surajoutent au plafond cartilagineux pour en augmenter la résistance.

Celui des Poissons osseux est beaucoup plus compliqué : au stade cartilagineux, la base du crâne est formée d'un cartilage en forme de cuvette, tandis que sa voûte est constituée par une membrane conjonctive accolée à la face inférieure du derme. Puis des points d'ossification apparaissent dans ce cartilage et dans cette membrane conjonctive, et il se développe un grand nombre d'îlots osseux dont la plupart, il est vrai, restent isolés au lieu

de former de larges pièces osseuses comme chez les Vertébrés supérieurs.

De là deux conclusions importantes :

1° Les os de la base du crâne sont des os de cartilage, tandis que ceux de la voûte sont des os de membrane; *cette règle s'applique à tous les autres Vertébrés* ;

2° Le crâne des Poissons osseux est formé de pièces beaucoup plus nom-

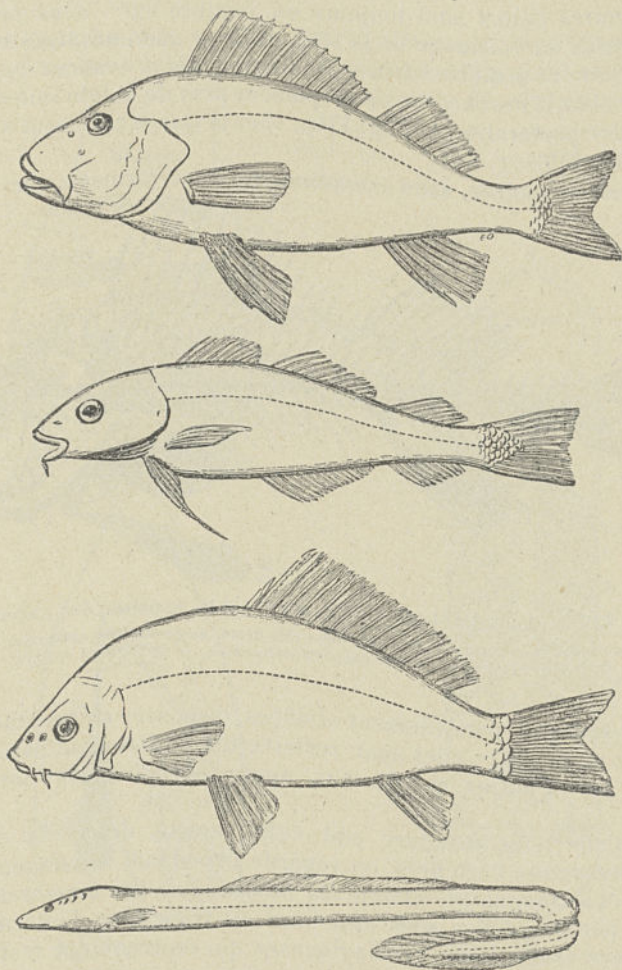


Fig. 470. — Différentes formes de nageoires.

1, perche. — 2, morue. — 3, carpe. — 4, anguille.

breuses que chez les autres Vertébrés et leur forme est aussi très différente; c'est ainsi que l'occipital est représenté par cinq os distincts, le sphénoïde et le temporal chacun par dix os, etc.

III. Membres. — Les membres sont représentés par des *nageoires impaires* et des *nageoires paires* (fig. 470). Les impaires possèdent leur disposition primitive chez les Cyclostomes (Lamproie) et quelques autres, comme l'An-

guille, où on ne trouve *qu'une seule nageoire* s'étendant d'une façon continue sur la face dorsale, l'extrémité de la queue et la face ventrale (fig. 470). Chez les autres, elle se découpe en plusieurs tronçons distincts qui portent des noms spéciaux : *une ou plusieurs dorsales* (2 chez la Perche, 3 chez la Morue), *une caudale* et enfin *une ventrale* placée au voisinage de l'anus (fig. 470).

Les nageoires paires sont toujours en nombre fixe : *deux pectorales* P (fig. 471) placées au voisinage de la tête, et *deux abdominales* situées généralement en arrière des précédentes, mais pouvant s'avancer beaucoup en avant ; ainsi chez la Perche, elles sont placées près de la tête immédiatement au-dessous des pectorales (Ab, fig. 471) ; chez la Carpe elles sont situées plus en arrière (fig. 470).

Toutes ces nageoires, sans exception, ne sont formées que de petites

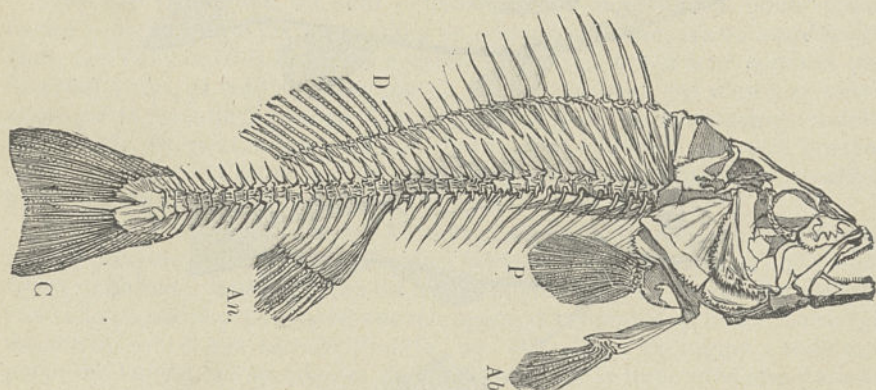


Fig. 471. — Squelette de la Perche montrant la structure des nageoires.

Les nageoires abdominales Ab sont situées très avant, au-dessous des pectorales P.
D, nageoires dorsales. — An, nageoire abdominale. — C, nageoire caudale.

baguettes cornées ou partiellement ossifiées, disposées en éventail, ce qui les fait qualifier de *rayons* ; elles sont recouvertes entièrement par la peau et rattachées par d'autres rayons aux apophyses épineuses des vertèbres (fig. 471).

Bien qu'une telle structure soit extrêmement différente de celle des membres des autres Vertébrés, on regarde cependant les nageoires paires, pectorales et abdominales, *comme les homologues des membres des autres Vertébrés*, parce qu'elles sont attachées au tronc par l'intermédiaire de petites pièces osseuses ou cartilagineuses qui représentent respectivement une *ceinture scapulaire* et une *ceinture pelvienne rudimentaires*.

Chez certains Poissons (ganoïdes, squales, etc.), la nageoire caudale est divisée en deux parties dissymétriques : un lobe supérieur, à l'extrémité duquel va se terminer la colonne vertébrale, et un lobe inférieur, plus petit ; on les qualifie de Poissons *hétérocercques* (fig. 479).

Chez les autres, la colonne vertébrale, s'arrête juste à la naissance de la nageoire caudale et celle-ci se compose de deux lobes symétriques ; on les qualifie d'*homocercques* (fig. 470).

§ 4. Appareil circulatoire (voir p. 325).

§ 5. **Appareil respiratoire.** — Tous les Poissons respirent dans l'eau, sauf quelques cas particuliers, et sont munis de branchies ; mais celles-ci ne présentent pas une disposition uniforme chez tous, et il y a lieu d'étudier leur conformation chez quatre groupes différents : les *Sélaciens* (Squale, Raie) ou Poissons cartilagineux, les *Cyclostomes* (Lamproie), les *Poissons osseux* (Carpe, Perche) et les *Dipneustes*.

I. *Ordre des Sélaciens.* — C'est chez ces Poissons (Raie, Torpille, Squale, etc.) que l'on observe la disposition primitive de l'appareil respiratoire. Au cours de leur développement embryonnaire, le pharynx envoie de chaque côté de la tête, ainsi que nous l'avons déjà exposé, cinq diverticules latéraux ou

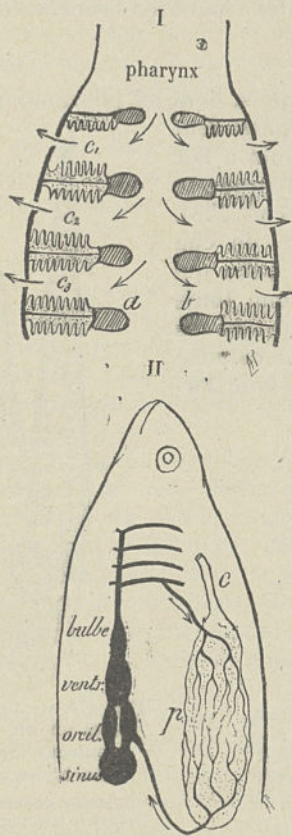


Fig. 472.

I. Appareil respiratoire des Sélaciens (Squale). — c_1 , c_2 , etc., chambres branchiales successives. — a , b , arcs branchiaux cartilagineux (coupe longitudinale du corps). — II. Respiration du Cératodus. Les flèches indiquent la marche du sang dans le poumon p . — c , son canal de communication avec l'œsophage.

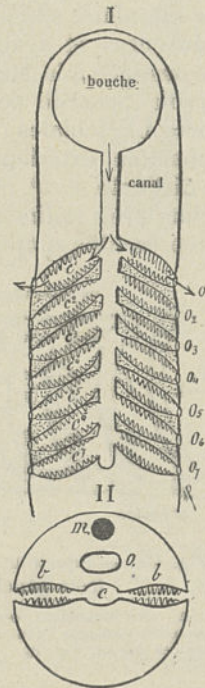


Fig. 473. — Appareil respiratoire de la Lamproie.

I. c_1 à c_7 , chambres branchiales successives avec leurs orifices externes o_1 à o_7 . — II. Coupe transversale du corps. — c , canal d'entrée de l'eau. — b , chambre branchiale. — o , œsophage. — m , moelle.

chambres branchiales s'ouvrant au dehors par autant de fentes branchiales (7, 7, 7, 8 et 9, fig. 462). Les bords externes de ces fentes se garnissent de longs filaments qui constituent des *branchies externes*. Mais celles-ci n'ont jamais qu'une existence transitoire, excepté toutefois chez un très petit nombre de poissons tels que le *Protoptère* de l'Afrique centrale (ordre des

Dipneustes) qui garde pendant toute la vie trois paires de branchies externes ayant la forme de houppes placées de chaque côté de la tête.

A leur naissance les Sélaciens ne présentent plus que leurs *cinq paires de chambres branchiales* ($c^1, c^2, c^3 \dots$ fig. 472) encore largement ouvertes au dehors par les cinq paires de *fentes branchiales*¹. La paroi qui sépare deux chambres contiguës est devenue une *branchie interne*; ses deux faces sont en effet couvertes de nombreux replis de la muqueuse qui servent de membranes respiratoires; elle est attachée à l'intérieur, du côté du pharynx, sur un cartilage allongé et courbe, *a*, qui s'appelle l'*arc branchial*.

L'eau entre par la bouche, passe dans les chambres branchiales où elle baigne les branchies et sort par les fentes.

II. *Ordre des Cyclostomes*. — Ces Poissons, dont les plus connus sont les Lamproies, sont ainsi appelés parce qu'ils possèdent une bouche circulaire située à la partie tout à fait antérieure du corps et ayant la forme d'une sorte de ventouse destinée à la succion (fig. 477 et 478).

La Lamproie possède de chaque côté du cou sept chambres branchiales ($c^1, c^2 \dots$ fig. 473), qui s'ouvrent chacune extérieurement par une toute petite fente distincte o^1, o^2, \dots . Le squelette de ces poissons étant très rudimentaire et leur colonne vertébrale représentée simplement par la corde dor-

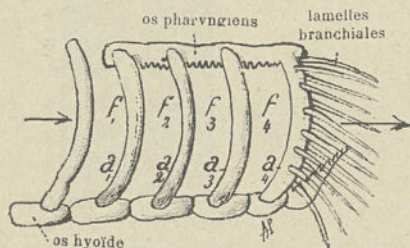


Fig. 474. — Squelette des branchies (côté gauche).

$a_1 \dots, a_4$, arcs branchiaux osseux. — $f_1 \dots, f_4$, fentes par lesquelles s'échappe l'eau. Les lamelles n'ont été représentées que sur l'arc a_1 .

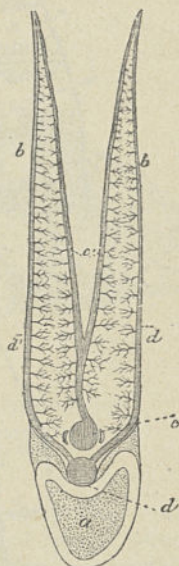


Fig. 475. — Coupe à travers un arc branchial, montrant deux lames branchiales voisines.

a, section de l'arc. — *c*, section de l'artère épibranchiale avec ses ramifications *c'* dans les lamelles. — *b, b*, ramifications remplies de sang artériel qui tombent dans la veine épibranchiale *d*.

sale, il en résulte que les *arcs branchiaux font totalement défaut*. La muqueuse qui tapisse intérieurement chaque chambre branchiale présente de nombreux feuillets rayonnants très minces à travers lesquels s'effectue la respiration (fig. 473).

Ajoutons comme particularité spéciale à la Lamproie, que les chambres branchiales *b* (II, fig. 473) ne s'ouvrent pas directement dans le fond de la bouche comme chez les autres Poissons. Elles débouchent toutes séparément

¹ Le nombre des fentes branchiales est de 7 paires. La première paire devient la bouche et la seconde, les événements (p. 553); les cinq autres persistent pour servir à la respiration.

dans un canal inspirateur spécial *c* placé au-dessous de l'œsophage *O* et s'ouvrant à son tour au fond de la bouche.

L'eau destinée à la respiration passe donc de la bouche dans le canal inspirateur spécial *c*, qui la déverse à son tour dans les différentes poches respiratoires, *c*¹, *c*², *c*³... d'où elle s'écoule finalement au dehors par les petites fentes latérales *o*¹, *o*², *o*³...

III. Les *Poissons osseux*. — Chez les Poissons osseux ou *Téléostéens* (Carpe, Perche, etc.), de même que chez les *Ganoïdes* (Esturgeon), les *branchies externes* ne se développent jamais ; à l'éclosion ils possèdent toujours de chaque côté de la tête quatre branchies *a*¹, *a*², *a*³, *a*⁴ (fig. 474), logées dans une dilatation latérale du pharynx appelée la *chambre branchiale*. Chaque branchie se compose d'un petit os allongé et courbe *a*¹, *a*²... appelé l'*arc branchial*, qui porte sur son bord externe deux assises de petites lamelles membraneuses, effilées et triangulaires dont on voit bien la disposition dans une coupe transversale de l'arc (fig. 475) ou encore sur une coupe longitudinale (fig. 475 bis).

Les arcs branchiaux *a*¹, *a*² (fig. 474), sont rattachés supérieurement à une petite baguette osseuse médiane formée par les *os pharyngiens supérieurs* soudés ensemble. En bas, ces arcs sont fixés sur les *os pharyngiens inférieurs* qui restent distincts et au nombre de 5 ou 6.

Chaque chambre branchiale est recouverte extérieurement par une sorte de volet mobile, l'*opercule* *O* et *O'* (fig. 475 bis), situé sur le côté de la tête ; c'est tout simplement un repli de la peau qui s'est ossifié dans sa partie supérieure et dont le bord inférieur, resté membraneux, limite une grande fente *F* appelée communément l'*ouverture* des ouïes. Elle sert à la sortie de l'eau qui a baigné les branchies.

Le long de chaque arc branchial circule un petit vaisseau, l'*artère épibranchiale* (*c*, fig. 475), qui y amène le sang veineux chassé du cœur ; cette petite artère envoie à son tour des ramifications *c'* qui s'étendent le long du bord interne des lamelles et se divisent en très nombreux vaisseaux capillaires dans leur épaisseur. Ces lamelles sont ainsi complètement remplies de sang et prennent par suite une teinte rouge.

L'oxygène de l'air dissous dans l'eau qui les baigne traverse l'épithélium de leur surface et pénètre ainsi directement dans les capillaires. Une fois artérialisé, le sang s'en retourne par des petites *veines d'* qui longent le bord externe des lamelles, et se jettent dans une *veine épibranchiale d* plus importante qui court le long de l'arc branchial. Enfin, comme on le sait déjà, ce sont les quatre paires de *veines épibranchiales*, remplies de sang artériel, qui se réunissent sur la ligne médiane et dorsale du corps pour constituer l'aorte (fig. 459).

Le mécanisme de la respiration comprend deux temps : 1° le poisson

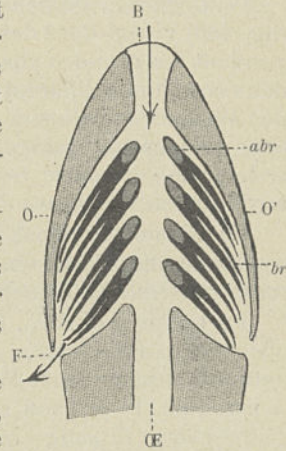


Fig. 475 bis. — Coupe longitudinale d'une tête de Téléostéen pour montrer la disposition des branchies.

B, bouche. — *abr*, 4 paires d'arcs branchiaux supportant les branchies *br*. — *O* et *O'*, opercules laissant sortir l'eau par les fentes *F*. — Œ, œsophage.

ouvre la bouche, ses opercules étant fermés, et absorbe une certaine quantité d'eau qui envahit les chambres branchiales et baigne par conséquent les branchies; 2° il ferme la bouche, soulève ses opercules et laisse sortir l'eau qu'il vient de prendre. Pendant le temps assez court où l'eau baigne les lamelles, une petite partie de l'oxygène de l'air qu'elle tient en dissolution est absorbée par la muqueuse et fixée par les globules rouges; l'anhydride carbonique se dégage et se dissout dans l'eau ambiante.

Des poissons maintenus dans une eau non exposée au contact de l'air finissent par périr asphyxiés; si on les met dans de l'eau qui a été préalablement débarrassée par l'ébullition de ses gaz dissous, on les voit remonter à la surface pour respirer directement l'air extérieur.

IV. *Ordre des Dipneustes.* — Ce sont des poissons des régions tropicales (fig. 480) vivant dans des étangs ou des cours d'eau exposés à se dessécher pendant les grandes chaleurs; aussi sont-ils organisés pour vivre dans ces deux conditions différentes et ils possèdent simultanément des *poumons* et des *branchies*; celles-ci ont la même disposition que chez les Téléostéens, avec un opercule qui les recouvre. Le *Protoptère* de l'Afrique centrale possède même en outre trois houppes branchiales externes, qui ressemblent aux branchies externes des Batraciens.

Quant aux poumons, ils sont constitués tout simplement par la *vessie natatoire* qui est en communication permanente avec l'œsophage. Le *Cératodus* (Australie) n'en a qu'un seul; les autres en possèdent deux (II, fig. 472).

En temps ordinaire, le poumon reçoit du sang artériel que lui amène un vaisseau *p*, ramification du quatrième arc aortique, et son sang veineux s'en retourne directement à l'oreillette par un vaisseau *p'*. Mais lorsque l'eau vient à manquer, le poisson s'enfonce dans la vase et respire avec son appareil pulmonaire; le sang circule alors dans les branchies sans s'artérialiser et celui qui en sort par la branche *p* se rend aux poumons où il prend de l'oxygène. La branche *p'* l'emmène ensuite dans l'oreillette où il se mélange avec le sang veineux qui vient des autres parties du corps. Les organes, quels qu'ils soient, ne reçoivent donc qu'un mélange de sang veineux et de sang artériel.

Par leur double appareil respiratoire, les Dipneustes établissent le passage entre les Poissons et les Batraciens.

§ 6. Système nerveux (voy. p. 135).

§ 7. *Organes des sens.* — 1° *L'olfaction.* — Les Poissons (fig. 476) possèdent deux fosses nasales *o* et *o'* qui ne communiquent jamais avec la bouche; ce sont deux simples fossettes terminées en cul-de-sac et situées à la face inférieure du museau chez les Sélaciens (raie, squalé...), sur la tête chez les autres Poissons. La Lamproie n'en possède qu'une seule.

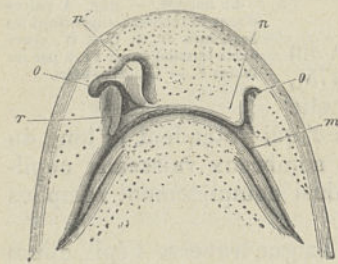


Fig. 476. — Face inférieure de la tête du chien de mer (*Scyllium*).

m, face buccale. — *o, o'*, les deux fosses nasales prolongées par une valvule *n*; elle est relevée en *n'*.

2° *Le goût.* — Il paraît très peu développé et les Poissons avalent glotonnement sans paraître goûter leurs aliments. On a cependant trouvé dans toute

la muqueuse buccale des terminaisons nerveuses que l'on regarde comme des organes gustatifs ; la langue ne paraît avoir qu'un rôle insignifiant.

3° *L'œil et l'oreille* (p. 187 et p. 207).

4° *Ligne latérale*. — Enfin les Poissons possèdent un organe sensoriel tout à fait spécial, appelé la *ligne latérale*. C'est un sillon qui s'étend extérieurement de chaque côté du corps, depuis l'origine de la nageoire caudale jusqu'à la tête, sur laquelle il se ramifie. Dans ce sillon se trouvent de nombreux corpuscules nerveux qui reçoivent leurs filets du pneumogastrique. On ne sait rien de précis sur leur rôle ; leur position fait penser qu'ils permettent peut-être à l'animal d'apprécier les qualités de l'eau ambiante. C'est la *ligne latérale* qui est figurée en pointillé sur les Poissons de la figure 470.

CLASSIFICATION

La classe des Poissons se subdivise en cinq ordres : les *Cyclostomes*, les *Sélaciens*, les *Ganoïdes*, les *Téléostéens* et les *Dipneustes*.

1^{er} ORDRE. — CYCLOSTOMES

Ces Poissons (fig. 477 et 478) sont ainsi appelés à cause de la forme circulaire de leur bouche, qui se trouve tout à fait à l'extrémité antérieure de leur corps. Cette bouche est plutôt une sorte de ventouse, sans mâchoires mobiles, et au fond de laquelle la langue fonctionne à la façon d'un piston. C'est une bouche disposée pour sucer et non pour mordre. Tout son pourtour est tapissé de petits tubercules cornés, de nature épidermique, qui remplacent les dents.

Cet ordre comprend deux genres principaux : les *Myxines*, qui vivent en parasites dans le corps des Morues et des Estur-

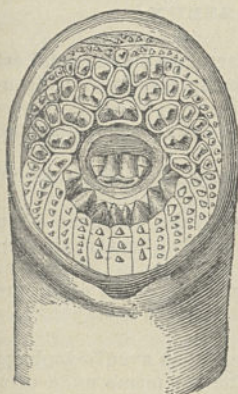


Fig. 477.

Bouche de la Lamproie.
Vue de face, avec ses dents
cornées.

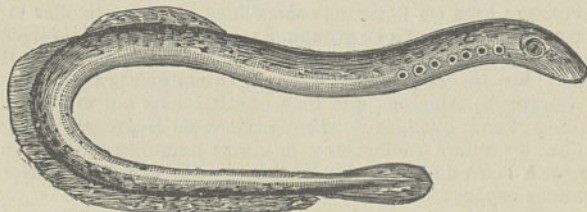


Fig. 478. — Lamproie marine (Pétromizon).
Avec ses sept orifices branchiaux latéraux.

geons, et les *Lamproies* (Pétromyzon), dont l'espèce la plus importante, la *Lamproie marine* peut atteindre 1 mètre de longueur et remonte les fleuves au printemps pour pondre ses œufs (fig. 478).

Les nageoires paires font toujours défaut et la colonne vertébrale se compose seulement de la *chorde dorsale* entourée de sa couche conjonctive fibreuse. La peau est nue, dépourvue d'écaillés.

De chaque côté de la tête de la Lamproie se montrent sept petites fentes qui sont les orifices externes des sacs branchiaux.

2^e ORDRE. — SÉLACIENS

Cet ordre comprend en particulier les Raies et les Requins ou Squales (fig. 479).

Leur squelette est cartilagineux ; ils ont cinq paires de sacs branchiaux qui s'ouvrent

séparément au dehors ; leur cœur possède un bulbe aortique très contractile et muni de plusieurs rangs de valvules ; enfin l'intestin est parcouru par un repli spiral (fig. 468) et la vessie natatoire manque.

La bouche a toujours la forme d'une grande fente transversale placée à la face ventrale ; celle des Requins est armée de très nombreuses rangées de dents triangulaires qui rendent ces animaux redoutables.

Les écailles sont petites, du type *placoïde*, et rendent la peau chagrinée.

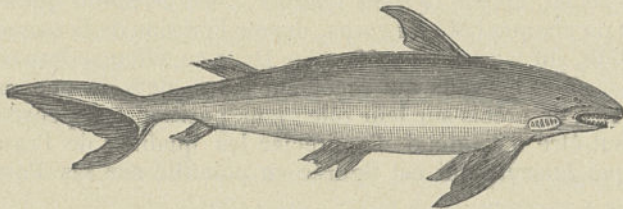


Fig. 479. — Requin.

Bouche ventrale : cinq fentes branchiales latérales ; queue hétérocerque.

Les Requins sont les plus grands poissons ; certaines espèces des mers du sud atteignent 20 mètres de longueur. Les *Chiens de mer* de nos côtes (*Scyllium*) mesurent rarement un mètre.

Les *Raies* ont le corps aplati, avec leurs fentes branchiales sur la face ventrale ; les *Torpilles*, qui leur ressemblent, possèdent des organes capables de produire de l'électricité.

3^e ORDRE. — TÉLOSTÉENS ou POISSONS OSSEUX

Cet ordre comprend la plupart des Poissons existants. Leur caractère fondamental est de posséder un squelette complètement ossifié, avec des vertèbres complètes et biconcaves.

Pas de bulbe aortique contractile, pas de valvule spirale à l'intestin, une vessie natatoire.

Celle-ci peut conserver sa communication primitive avec l'œsophage et les Poissons qui présentent cette particularité sont qualifiés de *physostomes*.

Presque tous les Poissons comestibles, et en particulier la plupart des Poissons d'eau douce, appartiennent à ce groupe. Exemples : les *Cyprinidés* (carpe, goujon, tanche, ablette) ; les *Salmonidés* (saumon, truite, éperlan) ; les *Clupéidés* (hareng, sardine, anchois, alose) ; les *Apodes* dépourvus de nageoires paires (anguille, congre, gymnote électrique du Vénézuéla). Ajoutons que tous ces Poissons ont des nageoires formées de rayons très flexibles et sont qualifiés pour cette raison de *Malacoptérygiens*.

Chez les autres Téléostéens, la vessie natatoire perd sa communication avec l'œsophage et reste à l'état de sac isolé : on les appelle des *Physoclistes*. Elle est même nulle chez certaines espèces.

Signalons parmi eux la famille des *Pleuronectes* ou Poissons plats (sole, turbot, limande) ; l'ordre des *Acanthoptérygiens* (*acantha*, épine ; *ptéron*, aile) dont les nageoires sont soutenues par des rayons épineux (perche, maquereau, thon) ; l'ordre des *Coffres*, dont les pièces des mâchoires sont intimement soudées et font corps avec de larges plaques osseuses qui recouvrent tout le reste du corps, auquel elles forment une carapace rigide ; et enfin les *Hippocampes* ou chevaux marins, dont les branchies ont la forme de petites lames élargies en forme de houppes.

4^e ORDRE. — GANOÏDES

Ce sont des Poissons intermédiaires entre les Sélaciens et les Téléostéens. Leur nom leur vient de la couche brillante d'émail qui recouvre leurs écailles (*ganos*, brillant).

Ils possèdent comme les Téléostéens un appareil respiratoire avec opercule, une vessie natatoire et des appendices pyloriques ; certains ont un squelette osseux.

Ils se rapprochent des Sélaciens par un repli spiral à l'intestin et un squelette qui est cartilagineux chez quelques espèces.

Les poissons cuirassés de l'ère primaire appartenant à ce groupe.

Citons parmi les principales espèces : l'*Esturgeon* (fleuves d'Europe et de l'Amérique du Nord), qui peut atteindre 4 ou 5 mètres et dont le squelette interne est cartilagineux, avec des rangées de grosses plaques osseuses sur le corps; le *Lépidostée* de l'Amérique du Nord et le *Polyptère* du Nil qui possèdent un squelette osseux.

5^e ORDRE. — DIPNEUSTES

Ces Poissons sont caractérisés par la présence d'un ou de deux poumons, qui ne sont pas autre chose que la vessie natatoire simple ou double qui joue le rôle de sac respiratoire, et qui reste en communication avec l'œsophage (fig. 472).

Ils établissent la transition entre la classe des Poissons et celle des *Batraciens*, car ils

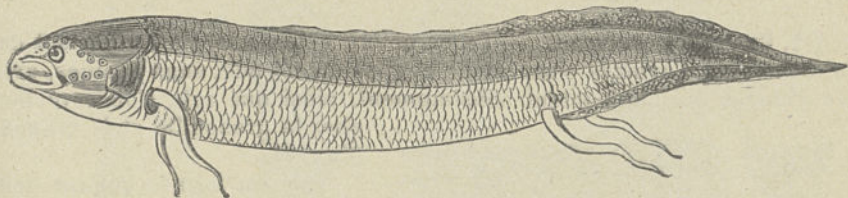


Fig. 480. — *Lépidosiren Paradoxa*.

possèdent simultanément des branchies et des poumons (*dis*, deux; *pneuris*, respiration). Chez le *Protoptère*, les branchies ont même la forme de houppes externes, trois paires placées de chaque côté de la tête et tout à fait identiques aux branchies externes des *Batraciens*.

Ces Poissons vivent dans les cours d'eau des régions tropicales; pendant les sécheresses, ils s'enfoncent dans la vase et respirent avec leurs poumons.

Il en existe trois genres : le *Cératodus* de l'Australie pourvu d'un poumon; le *Lépidosiren* de l'Amazone (fig. 480) et le *Protoptère* de l'Afrique centrale, pourvu de deux poumons.

§ 9. Résumé des caractères des Poissons. — En résumant les caractères fondamentaux que nous venons de passer en revue, nous pouvons donner des Poissons la définition suivante :

Les Poissons sont des Vertébrés à vie franchement aquatique et par conséquent à respiration branchiale. — Corps couvert d'écaillés dermiques et se déplaçant à l'aide de nageoires. — Oxydations internes peu intenses et température du corps variable. — Cœur à un ventricule et à une oreillette, placé sur le trajet du sang veineux; circulation simple et complète. — Squelette cartilagineux ou osseux. — Vertèbres biconcaves; tête soudée à la colonne vertébrale.

SECONDE CLASSE DES VERTÉBRÉS

BATRACIENS

§ 1. **Caractères externes.** — Le caractère externe le plus important des Batraciens est d'avoir la peau mince et absolument nue, sans écailles, avec des glandes qui l'humectent constamment, ainsi que cela s'observe bien chez la grenouille et le crapaud (fig. 481).

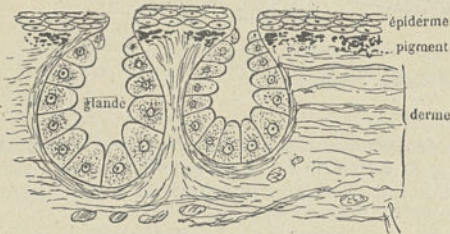


Fig. 481. — Coupe de la peau de la grenouille intéressant deux glandes.

Elle est formée comme celle de tous les Vertébrés d'un *derme conjonctif* et musculaire et d'un *épiderme stratifié* ; mais celui-ci est souvent réduit à deux ou trois assises de cellules, sans couche véritablement cornée ; les plus anciennes se détachent périodiquement et tombent par lambeaux. Le derme renferme des

glandes relativement volumineuses, en forme de simples culs-de-sac limités par une seule assise de cellules sécrétrices ; leur produit protège la peau contre une évaporation trop active et renferme des produits parfois assez toxiques pour servir de moyen de défense (crapaud).

Le derme renferme encore des cellules étoilées, bourrées de très fines granulations de quelques millièmes de millimètre qui donnent à la peau sa coloration particulière.

Il est remarquable que les premiers Batraciens (Protriton et Pleuronoura de l'époque permienne) possédaient des plaques osseuses sur la tête comme les Reptiles.

§ 2. **Métamorphoses.** — Un caractère très important des Batraciens, c'est de présenter dans le cours de leur évolution des métamorphoses plus ou moins compliquées, que nous allons étudier d'abord chez la Grenouille que nous prendrons comme exemple (fig. 482).

1° L'œuf a l'aspect d'un petit point noir enveloppé, en même temps qu'une quantité d'autres, dans une substance gélatineuse et transparente. Il en sort une larve appelée *têtard* à cause de la grosseur de sa tête ; son corps est cylindrique, terminé par une queue aplatie latéralement, et présente tout à fait l'aspect externe d'un Poisson, avec cette différence qu'il ne possède qu'une nageoire caudale. Il se fixe à une herbe aquatique par deux ventouses S situées un peu en arrière de la bouche, et respire uniquement par la peau, qui est très molle et perméable aux gaz (fig. a, 482) ;

2° Vers le troisième jour il abandonne son point de fixation et se met à

nager librement ; son organisation interne est alors exactement celle d'un Poisson, sauf qu'il ne possède toujours que sa nageoire caudale : il a un cœur à deux cavités, une *ligne latérale* à droite à gauche, et quatre fentes branchiales de chaque côté du cou ; entre ces fentes se trouvent trois petites houppes K formées de filaments ramifiés, qui représentent des *branchies externes* et qui obligent l'animal à vivre dans l'eau (482, fig. b et c).

A remarquer que de semblables branchies externes existent momentanément chez l'embryon des Poissons Sélaciens (Squales) et d'une façon per-

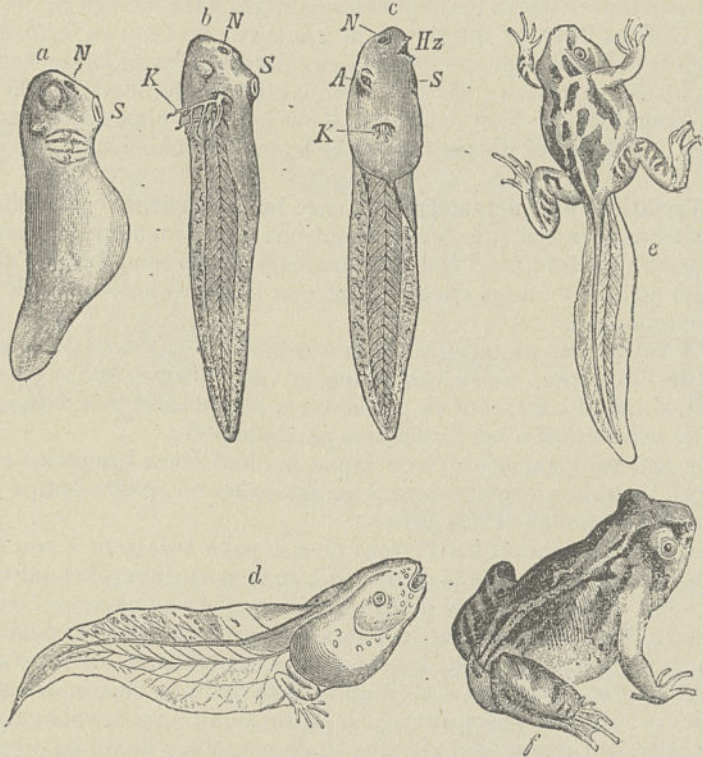


Fig. 482. — Différentes phases du développement du crapaud. (R. PERRIER. Zoologie.)

(Les phases sont les mêmes que chez la grenouille.)

Fig. a. Têtard un peu avant l'éclosion avec ses fentes branchiales de poisson et les bourgeons des branchies externes. — N, narines ; s, ventouse. — Fig. b. Têtard avec ses branchies externes K. — Fig. c, les branchies externes commencent à disparaître. — Hz, la bouche. — A, œil ; s, ventouse. — Fig. d, il n'y a plus que des branchies internes ; apparition des pattes postérieures. — Fig. e, la respiration est pulmonaire ; apparition des pattes antérieures. — Fig. f, adulte.

manente chez les *Protoptères* qui sont des poissons *Dipneustes* ; c'est l'un des arguments qui font dériver les Batraciens des Dipneustes ;

3° Au bout d'une quinzaine de jours les *branchies* externes sont phagocytées et disparaissent ainsi que les fentes branchiales ; pendant ce temps il se développe sous la peau des *branchies internes* qui sont placées comme celles des Poissons, dans l'arrière-bouche, sur quatre arcs cartilagineux et sur les bords des quatre fentes branchiales dont nous avons parlé précédemment. L'eau qui les baigne entre par la bouche et s'échappe par un petit trou, le *spiracle*, situé de chaque côté de la tête (fig. d, 482).

L'appareil respiratoire est donc constitué à ce moment comme celui d'un Poisson osseux, et il en est de même de l'appareil circulatoire, qui comprend quatre paires d'arcs aortiques ;

4° Peu à peu les pattes apparaissent ; ce sont celles de derrière qui se montrent en premier lieu. La queue disparaît progressivement, non pas en se détachant, mais en dissociant ses éléments cellulaires qui pénètrent ensuite dans la cavité du corps où ils sont digérés par les globules blancs en vertu d'un phénomène de *phagocytose* (fig. *d* et *e*, 482).

Enfin pendant ce temps les *branchies internes* elles-mêmes se détruisent, les deux orifices latéraux qui servaient à la sortie de l'eau se ferment, et du fond de la bouche l'œsophage envoie deux diverticules en forme de sacs qui constituent des *poumons* : dès lors l'animal est obligé de venir à la surface de l'eau pour respirer l'air extérieur. Il ne possède plus de traces de ses anciennes branchies ni de ses anciennes fentes branchiales.

§ 3. Variations des métamorphoses chez les Batraciens. — Les métamorphoses successives qui précèdent, montrent d'une manière frappante que les Batraciens passent par l'état intermédiaire du Poisson avant d'atteindre leur forme définitive ; mais elles ne sont pas toujours aussi complexes que chez les Grenouilles.

1° Les *Sirens* des marécages de la Caroline et les *Protées* des lacs souterrains de l'Autriche, conservent toute la vie leurs *branchies externes* et leurs fentes branchiales, tout en prenant des poumons et des pattes ; on les qualifie de *pérennibranches* (branchies persistantes) ;

2° Les *Salamandres géantes* du Japon perdent leurs branchies externes et gardent toute la vie leurs *branchies internes*, en même temps qu'elles prennent des poumons et des pattes ;

3° Les *Salamandres* et les *Tritons* de nos pays subissent à peu près les mêmes métamorphoses que la grenouille, et ne possèdent plus que des poumons à l'état adulte ; la seule différence, c'est que ces espèces conservent leur queue à l'état adulte et que le Triton met près de trois ans pour accomplir son évolution. De plus, les poumons remplacent directement les branchies externes, sans qu'il y ait une phase de branchies internes.

D'ailleurs l'appareil respiratoire des Batraciens est un des plus plastiques qui existent et qui se modifie le plus facilement avec le milieu où séjourne l'animal. C'est ainsi qu'une larve de Triton maintenue constamment dans l'eau ne perd pas ses branchies externes, et peut pondre ses œufs sous cette forme. Un Batracien du Mexique, l'*Amblystome*, possède une larve connue sous le nom d'*Axolotl* (fig. 486), qui peut conserver ses branchies externes pendant de longues années, tant qu'elle se trouve dans l'eau ; elle possède en outre des poumons qu'elle utilise seulement pour l'expiration. Si l'eau vient à manquer, les branchies s'atrophient et les poumons assurent désormais la respiration ; l'*Axolotl* a alors atteint sa forme définitive d'*Amblystome*.

4° Enfin, les *Grenouilles* et les *Crapauds* présentent les métamorphoses les plus complètes, puisqu'ils perdent non seulement leurs branchies externes et internes, mais encore leur queue.

§ 4. Squelette (fig. 483). — Tous les Batraciens possèdent quatre membres, à l'exception de quelques espèces de l'Ancien et du Nouveau-Monde qui en sont totalement dépourvues et ont l'apparence d'un ver (Cœcilie). La tête

se développe comme celle des Poissons osseux, c'est-à-dire que le plancher est tout d'abord formé par une cuvette cartilagineuse et la voûte par une membrane conjonctive; mais l'ossification qui y apparaît ensuite n'est jamais complète et la base de la tête renferme encore beaucoup de cartilage à l'état adulte.

Elle est articulée à la colonne vertébrale *par deux condyles occipitaux*, insérés sur l'unique vertèbre cervicale qui existe.

La mâchoire inférieure n'est pas articulée directement avec la supérieure :

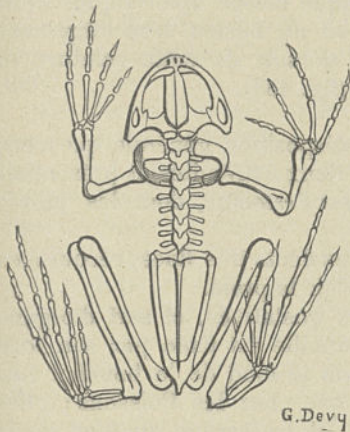


Fig. 483. — Squelette de la grenouille.

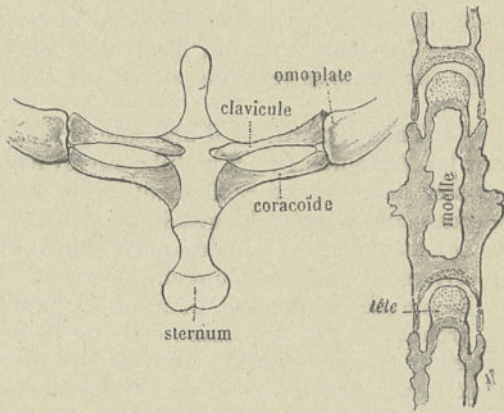


Fig. 484.

A gauche, la ceinture scapulaire. A droite, coupe longitudinale d'une vertèbre opisthocoële d'urodèle.

elle est suspendue à cette dernière par l'intermédiaire d'un os spécial, l'*os carré*, qui est intimement soudé lui-même au crâne.

Les vertèbres se subdivisent en différentes régions : *vertèbre cervicale* (une seule), *dorso-lombaires* en nombre variable, *sacrée* (une seule) ; elles sont toutes biconcaves chez l'embryon, mais elles se compliquent dans la suite et présentent deux types à l'état adulte (fig. 484) :

1° Chez les *Urodèles*, Batraciens pourvus d'une queue à l'état adulte (triton, salamandre), la vertèbre porte un renflement à son extrémité antérieure et est concave à l'extrémité opposée ; c'est une vertèbre *opisthocoële* ;

2° Chez les *Anoures*, Batraciens dépourvus de queue à l'état adulte (grenouille, crapaud), la disposition est inversée : le renflement se trouve à l'extrémité postérieure et la concavité à l'extrémité antérieure ; c'est une vertèbre *procoële*.

Chaque renflement pénètre dans la cavité correspondante de la vertèbre voisine, et la colonne vertébrale possède par suite une certaine mobilité qui n'existe pas chez les Poissons. De plus la corde primitive se résorbe complètement et il n'en reste plus de traces chez l'adulte.

Les *côtes*, articulées avec les vertèbres correspondantes, sont extrêmement courtes et n'arrivent pas à limiter une cavité thoracique, de sorte que ces animaux ne peuvent pas exécuter des mouvements d'inspiration et en sont réduits à absorber l'air par déglutition (fig. 483).

Les *membres*, beaucoup plus différenciés que ceux des Poissons, présen-

tent l'organisation générale qui se retrouve chez tous les Vertébrés aériens.

Les *antérieurs* comprennent en effet une partie mobile formée du bras (humérus), de l'avant-bras (radius et cubitus), suivis du carpe, du métacarpe et des doigts; elle est fixée au tronc par une *ceinture scapulaire complète*, à deux moitiés symétriques, comprenant chacune une *omoplate* à la face dorsale, une *clavicule* et un *coracoïde* à la face ventrale (fig. 484).

Les *membres inférieurs* comprennent de même la *cuisse* (fémur), la *jambe* (tibia et péroné), avec tarse, métatarse et doigts; la *ceinture pelvienne* est complète avec ses trois pièces dans chaque moitié symétrique, *ilion pubis* et *ischion*; elles sont effilées et forment un bassin très largement ouvert; les deux ilions qui forment la partie dorsale de cette ceinture se fixent sur *l'unique vertèbre sacrée qui existe* (fig. 483).

§ 4. **Tube digestif.** — Il présente la même disposition générale que chez tous les Vertébrés : c'est un tube ouvert à ses deux extrémités et présentant sur son parcours un renflement ovale, qui est *l'estomac*, dont les parois internes sont plissées longitudinalement.

Les mâchoires et le palais portent des petites dents très fines, recourbées en arrière, et destinées tout simplement à retenir la proie.

La langue est épaisse, pourvue de papilles gustatives, et sert d'organe de préhension des aliments; celle de la Grenouille est fixée par son bord antérieur et son extrémité libre est dirigée vers le fond de la bouche. Les deux fosses nasales sont plus différenciées que chez les Poissons; elles s'ouvrent au dehors au sommet du museau, et en arrière au fond de la bouche.

L'intestin fait plusieurs circonvolutions et débouche à l'extrémité du corps dans une *poche cloacale* où arrivent en même temps les œufs et l'urine. Celle-ci est sécrétée par deux reins très allongés, qui possèdent chacun un conduit excréteur s'ouvrant dans le cloaque (fig. 239).

Le foie et le pancréas sont toujours bien développés; le canal pancréatique possède la particularité de s'ouvrir dans le canal cholédoque qui, à son tour, débouche dans le duodénum.

§ 5. **Appareil respiratoire.** — L'histoire des métamorphoses des Batraciens nous a montré l'organisation générale de cet appareil pendant les diverses phases de leur évolution. Résumons cette histoire pour ce qui concerne la respiration :

1° A leur sortie de l'œuf, les Batraciens ne possèdent aucun appareil respiratoire spécial et c'est à travers leur peau mince que s'effectuent les échanges gazeux. Cette peau reste même toujours assez perméable à l'état adulte pour continuer à laisser passer l'air, et une Grenouille priyée de ses poumons continue à vivre encore plusieurs mois en respirant par la peau;

2° Quelques jours plus tard ils prennent des *branchies externes* qui ont la forme de petites houppes filamenteuses et ramifiées (K, fig. 482); au-dessous de chaque panache se trouve une fente à bords crénelés et tapissés d'une muqueuse gorgée de sang : ce sont les *fentes branchiales*. Les *Protées* et les *Sirens* conservent cet appareil respiratoire primitif, *mais prennent en même temps des poumons*. Par suite ces animaux respirent avec leurs branchies l'air dissous dans l'eau et ils viennent de temps en temps à la surface puiser l'air libre par leurs poumons.

Les Salamandres géantes du Japon subissent une transformation un peu plus complexe : elles perdent leurs branchies externes et en prennent d'internes qui se développent sur les bords des fentes branchiales. *Ces branchies internes persistent à l'état adulte, concurremment avec les poumons qui se développent un peu plus tard ;*

3° Enfin les Grenouilles et les Crapauds perdent successivement leurs branchies externes et leurs branchies internes et *ne possèdent que des poumons à l'état adulte*. Chez les Tritons et les Salamandres, les poumons remplacent même directement les *branchies externes*. Toutes ces formes sont les plus différenciées.

La trachée est très courte et se subdivise en deux branches qui débouchent à plein chacune dans un poumon, sans se ramifier (fig. 485). Les poumons sont de simples sacs à parois très minces, lisses à leur face externe et présentant en dedans des replis qui limitent des alvéoles de grande taille, pour augmenter la surface de la membrane respiratoire. Rappelons que les côtes étant rudimentaires chez les grenouilles, ces animaux ne peuvent inspirer et expirer l'air comme les autres Vertébrés aériens ; ils l'introduisent dans leurs poumons par des mouvements de déglutition, et ils le rejettent par les contractions de leurs muscles abdominaux qui pressent légèrement les sacs pulmonaires.

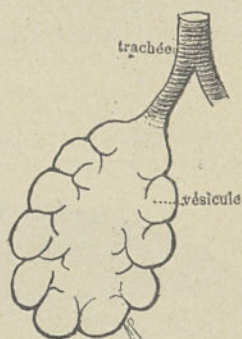


Fig. 485.
Schéma d'un poumon
de grenouille.

§ 6. Appareil circulatoire (p. 327).

§ 7. Système nerveux (p. 135).

§ 8. Œil et oreille (p. 187 et 207).

CLASSIFICATION

La classe des Batraciens se divise en deux ordres : les *Urodèles* et les *Anoures*.

1^{er} ORDRE. — URODÈLES

Caractérisés par leur queue persistante, leur corps allongé en forme de ver, une ou deux paires de pattes toujours courtes et leurs vertèbres opisthocèles. Ils se subdivisent en trois sous-ordres selon que leurs métamorphoses sont plus ou moins profondes.

Sous-ordre I. — PÉRENNIBRANCHES. — Possèdent trois paires de branchies externes qui persistent pendant toute la vie. Deux genres ; le *Siren* qui ne possède que deux pattes et vit dans les marécages de la Caroline ; le *Protée* qui vit dans les lacs souterrains de la Carniole et de la Dalmatie. Il a quatre pattes, ses yeux sont atrophiés et cachés sous la peau ; celle-ci est dépourvue de pigment, blanchâtre, mais elle brunit rapidement par un séjour à la lumière.

Sous-ordre II. — LES CRYPTOBRANCHES. — Ce groupe n'est guère représenté que par la *Salamandre géante* du Japon (1 mètre de longueur) qui vit dans les lacs des cratères éteints. Elle perd ses branchies externes et prend des branchies internes qui restent cachées sous la peau, et persistent toute la vie ; l'eau qui les baigne s'échappe à l'extérieur par un petit orifice, le *spiracle*.

Sous-ordre III. — LES SALAMANDRINES. — Comprend des espèces de nos pays, en particulier les *Salamandres* et les *Tritons*. Perdent leurs branchies externes qui font place directement à des poumons sans prendre de branchies internes.

Une espèce de Salamandrine du Mexique, l'*Amblystome*, possède une larve connue sous le nom d'*Axolotl* (Fig. 486) qui peut conserver ses branchies externes pendant de longues années et même se reproduire sous cette forme, ce qui fait qu'on l'a regardée longtemps comme une espèce particulière à branchies externes persistantes.

2° ORDRE. — ANOURES

Caractérisés par l'absence de queue à l'état adulte ; le corps est court, les pattes longues et les vertèbres procœles ; celles-ci sont au nombre de dix. Cet ordre comprend les Gre-



Fig. 486. — Axolotl avec ses trois paires de branchies externes.

nouilles, les Crapauds, les Rainettes, etc. Ces animaux sont essentiellement caractérisés par leurs métamorphoses, que nous avons étudiées plus haut en détail.

§ 10. *Résumé des caractères des Batraciens.* — Les Batraciens sont des Vertébrés à peau mince et toujours dépourvue d'écaillés. Tous respirent à l'aide de branchies à leur naissance ; certains les conservent toute leur vie, d'autres les perdent, prennent des poumons et s'adaptent à la vie aérienne. — Le cœur possède un ventricule et deux oreillettes ; la circulation est double et incomplète quand la respiration est pulmonaire : elle est simple comme chez les Poissons quand la respiration est branchiale. — Oxydations internes peu intenses et température du corps variable. — Vertèbres procœles ou opisthocœles ; tête articulée par deux condyles occipitaux. Ovipares.

TROISIEME CLASSE DES VERTÉBRÉS

REPTILES

§ 1. **Caractères externes.** — Les Reptiles sont des Vertébrés franchement adaptés à la vie aérienne ; ils ne possèdent de branchies à aucune période de leur existence.

Il apparaît bien au début de la vie embryonnaire des fentes branchiales comme chez les Vertébrés aquatiques, mais elles se ferment presque aussitôt et n'ont d'intérêt que pour montrer les relations de ces animaux avec les Poissons et les Batraciens (p. 553).

Les Reptiles sont caractérisés extérieurement par *leur épiderme toujours transformé en une couche cornée très épaisse* qui affecte la forme de larges plaques chez les Crocodiles et les Tortues, et la forme de petites écailles imbriquées chez les autres Reptiles. Ces plaques et ces écailles, dues à un épaissement de la couche cornée de l'épiderme, ne doivent pas être confondues avec les écailles des Poissons, qui sont engendrées à la fois par le derme et l'épiderme, à la façon des dents. Il est vrai que chez les Tortues, le derme produit aussi de grandes plaques osseuses (fig. 487), tout à fait distinctes d'ailleurs de leurs plaques épidermiques cornées. L'épiderme tombe parfois et subit de véritables mues ; les serpents se débarrassent du leur d'un seul coup et paraissent alors sortir d'un fourreau.

Un tel durcissement de la peau chez les Reptiles provient de leur vie essentiellement terrestre et s'oppose naturellement à la respiration cutanée ; les glandes y sont absentes, excepté à la face inférieure des cuisses.

De plus, leur embryon est enveloppé dans le cours de son développement par deux membranes spéciales, l'*amnios* et l'*allantoïde* qui lui servent de membranes protectrices, et qui, comme nous l'avons déjà dit, sont des formations tout à fait spéciales aux Vertébrés aériens (p. 555).

On regarde les Reptiles comme les descendants de Batraciens inférieurs, les *Stégocéphales* (Protriton, Pleuronoura), qui possédaient des plaques osseuses sur la tête et étaient très développés à l'époque houillère et permienne.

§ 2. **Squelette.** — Bien que le squelette des Reptiles soit établi sur le plan général de celui des autres Vertébrés aériens, on y observe quelques différences secondaires qui obligent à considérer trois groupes distincts : 1° les Ophidiens ou Serpents ; 2° les Crocodiliens et les Sauriens ou Lézards ; 3° les Chéloniens ou Tortues.

1° Les *Ophidiens* ne possèdent aucun rudiment de membres, les vertèbres sont extrêmement nombreuses (jusqu'à trois cents chez certains serpents) et toutes, sauf l'atlas et celles de la queue, portent chacune une paire de côtes flottantes, car le sternum fait totalement défaut ; cette dernière particularité

explique l'énorme dilatation que peut subir le corps de ces animaux quand ils avalent des proies volumineuses ;

2° Les *Crocodyliens* et les *Sauriens* ou Lézards possèdent quatre membres construits sur le plan général de ceux des autres Vertébrés, avec une *ceinture scapulaire* et une *ceinture pelvienne* complètes : cette dernière s'attache sur les *deux seules vertèbres sacrées* qui existent. Les Crocodyliens ont deux sternums : le sternum ordinaire auquel s'attachent les côtes thoraciques, et un autre qui s'étend sous l'abdomen et porte les restes de *côtes lombaires*. Cette particularité a contribué à faire admettre que toutes les vertèbres portaient primitivement des côtes ; le fait est encore très net chez les Serpents, où les côtes existent sur toute la longueur du corps jusqu'à la naissance de la queue ; on connaît quelques Reptiles qui présentent même des rudiments de côtes sur leurs vertèbres cervicales.

L'*Hatteria*, espèce de Lézard de la Nouvelle-Zélande, caractérisé par le grand développement de son œil frontal (p. 107), est une forme primitive qui conserve son squelette cartilagineux et des vertèbres biconcaves comme les Poissons.

3° Le squelette des *Chéloniens* (Tortues) présente une disposition tout à fait caractéristique (fig. 487 et 488) ; l'animal est emprisonné dans une

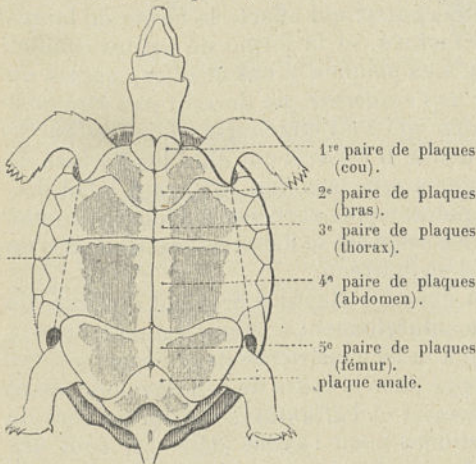


Fig. 487. — Plastron de la Tortue grecque.

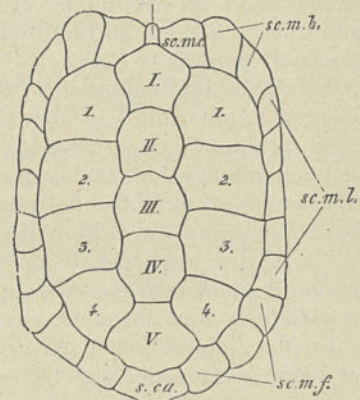


Fig. 488. — Carapace dorsale de la Tortue grecque.

I à V, plaques médianes situées au-dessus des vertèbres ; 1, 2, 3, 4, plaques latérales au-dessus des côtes ; à la périphérie, les plaques marginales *sc. m. b.*, 5.

cuirasse osseuse extrêmement résistante, ouverte seulement en avant et en arrière pour le passage de la tête, de la queue et des membres. Elle est formée de plaques osseuses qui se développent directement dans l'intérieur du derme sans passer par le stade cartilagineux, et qui constituent un véritable squelette externe ou *exosquelette* qui se soude en de nombreux points avec le squelette normal.

Chez les petites Tortues communes (Tortue grecque) la partie ventrale de la cuirasse ou *plastron* est formée de onze plaques disposées sur deux rangées. Sa partie dorsale ou *carapace* comprend trois rangées de plaques osseuses : une médiane qui compte cinq plaques I à V (fig. 488) et deux latérales qui en ont quatre chacune (1, 2, 3, 4) ; de plus 24 plaques marginales sont situées sur tout le pourtour.

Les côtes et les vertèbres dorsales s'étalent et se soudent intimement avec la face inférieure de la carapace ; par suite le sternum n'existe pas, les vertèbres cervicales et les vertèbres caudales seules restent libres et sortent par l'orifice correspondant de la cuirasse.

L'épiderme est épais et corné et forme de grandes plaques externes qui ne correspondent d'ailleurs pas aux plaques osseuses sous-jacentes. C'est l'épiderme de certaines grandes Tortues marines qui fournit l'écaille du commerce. Quelques espèces ont cependant la peau molle.

Les membres sont complets, avec des doigts terminés par des griffes ; les ceintures qui les soutiennent sont également complètes et formées chacune de leurs six pièces caractéristiques ; à remarquer toutefois que l'*omoplate* n'occupe plus sa place normale, parce que le développement de la cuirasse dermique l'a obligée à se placer à la face interne de la carapace, du même côté que les *clavicules* et les *coracoïdes*.

Les doigts sont palmés chez les Tortues fluviales ; ceux des grandes Tortues marines sont complètement cachés par la peau et les membres sont transformés en véritables nageoires.

Enfin ajoutons que chez tous les Reptiles les membres, quand ils existent, sont toujours placés latéralement et qu'ils servent plutôt à la propulsion en avant, car le corps touche presque toujours le sol par sa face ventrale.

Tous ont des vertèbres *procoèles* comme les Amphibiens anoures, excepté l'*Hatteria* qui les garde biconcaves ; la tête, incomplètement ossifiée, est portée par *un seul condyle occipital*.

De plus, les maxillaires inférieurs au lieu de s'articuler directement avec la tête, s'y adaptent par l'intermédiaire d'un os particulier, l'*os carré*, qui prend une direction verticale quand la bouche s'ouvre, de sorte que celle-ci s'agrandit alors énormément comme cela a lieu en particulier chez les Serpents.

Chez les Crocodiles, l'*os carré* et les maxillaires supérieurs sont soudés au reste du crâne et la bouche ne s'ouvre que modérément.

§ 3. *Tube digestif*. — Les dents (fig. 492) sont toutes de même forme et ne servent qu'à retenir la proie sans la mastiquer elles sont simplement

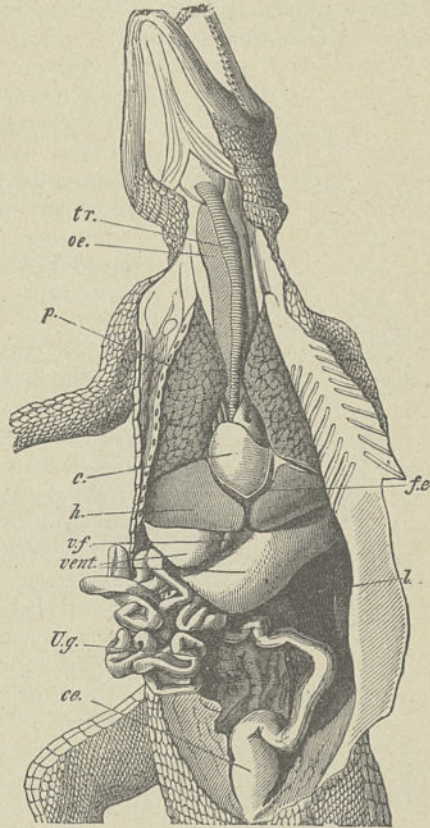


Fig. 489. — Anatomie de l'Alligator.

(La paroi ventrale a été ouverte.)

tr., trachée. — *oe.*, œsophage. — *p.*, poumon droit.
— *c.*, cœur. — *h.*, le foie. — *vf.*, vésicule biliaire. —
vent., estomac. — *Ug.*, les reins. — *ca.*, le cloaque.

implantées dans la muqueuse, excepté chez les Crocodiles où elles sont enfoncées dans des *alvéoles* comme chez les Mammifères (fig. 496). Quelques espèces, comme le Boa, possèdent même des dents sur la voûte palatine. La plupart des espèces de Tortues ont les mâchoires recouvertes d'un étui corné dépourvu de dents.

Le reste du tube digestif a toutes ses régions bien différenciées, sans grandes particularités caractéristiques (fig. 489). Notons seulement que l'œsophage et l'estomac peuvent se dilater énormément chez les Serpents pour recevoir des proies entières, dilatation qui se trouve naturellement facilitée par l'absence de sternum.

Le rectum se termine toujours par une partie dilatée *ce* ou *cloaque* dans laquelle aboutissent les conduits des reins et des œufs, et qui s'ouvre au dehors par une fente transversale ou longitudinale.

Les deux reins sont de forme allongée comme ceux des Batraciens et sécrètent une urine solide formée surtout d'acide urique.

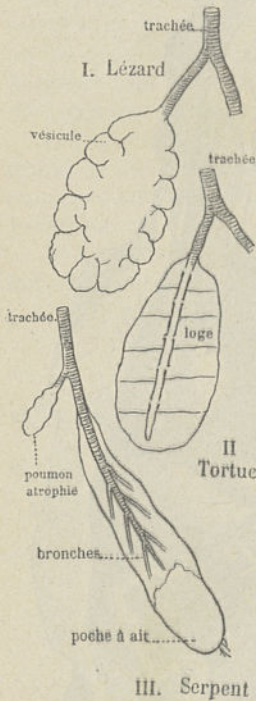


Fig. 490. — Poumons des Reptiles.

§ 4. Appareil respiratoire. — Les Reptiles (fig. 490) possèdent pendant la vie embryonnaire quatre paires de fentes branchiales comme les Poissons et les Batraciens ; mais elles se ferment toujours de très bonne heure sans avoir jamais fonctionné et, à leur naissance, tous sans exception, possèdent deux poumons.

Ils ne possèdent jamais de branchies, bien que quelques-uns passent leur existence dans l'eau.

Le peu d'activité de ces animaux fait que leur respiration est peu intense et que leurs poumons sont par suite d'une grande simplicité.

Chez les *Sauriens* (Lézards, Caméléons) ils ressemblent à ceux des Batraciens ; ce sont de simples sacs à parois très minces dans lesquels les bronches s'ouvrent à plein, sans se ramifier ; leur face interne présente des replis disposés en réseaux qui augmentent la surface respiratoire (I, fig. 490).

Chez les *Ophidiens* (Serpents) il semble que le corps soit trop étroit pour loger les deux poumons, car celui du gauche avorte presque toujours, tandis que l'autre s'étend sur une très grande longueur (III, fig. 490).

Chez les *Chéloniens* (Tortues) les poumons sont fixés à la carapace, et comme les côtes sont également soudées à cette même carapace, les mouvements d'inspiration sont impossibles : les Tortues absorbent l'air par déglutition comme les Batraciens. Chaque poumon est divisé en deux rangées de loges irrégulières par des cloisons transversales ; les bronches se continuent sans se diviser d'un bout à l'autre du poumon et présentent un orifice de communication dans chaque loge pour l'entrée et la sortie de l'air (II, fig. 490).

Enfin chez les *Crocodyliens* les poumons atteignent leur maximum de complication, car ils sont divisés en un certain nombre de grandes loges qui

se subdivisent elles-mêmes en d'autres de différentes grandeurs, de façon à multiplier notablement la surface de la membrane respiratoire.

- § 5. Appareil circulatoire (p. 329).
- § 6. Système nerveux (p. 135).
- § 7. Œil normal et œil frontal (p. 187 et p. 107).
- § 8. Oreille (p. 208).

CLASSIFICATION

La classe des Reptiles se subdivise en quatre ordres, les *Sauriens*, les *Ophidiens*, les *Chéloniens* et les *Crocodyliens*.

1^{er} ORDRE. — SAURIENS

Il comprend les *Lézards*; — les *Gekos* dont certaines espèces habitent le midi de la France: ils peuvent grimper le long des parois verticales grâce à leur doigts adhésifs; — les *Dragons volants* (fig. 491) qui possèdent de chaque côté du corps un large repli de la peau soutenu



Fig. 491. — Dragon volant.

par les côtes, et qui leur sert de parachute; — les *Caméléons* de l'Espagne et du sud de la France, qui ont la propriété de changer la couleur de leur peau et de l'adapter à celle des objets qui les entourent.

Tous les Sauriens possèdent quatre membres avec des ceintures plus ou moins complètes, un sternum et des paupières bien développées. Chez l'*Orvet* ou *Serpent de verre*, très commun dans nos campagnes, il n'y a que des rudiments de membres cachés sous la peau et l'animal présente tout à fait l'aspect d'un serpent.

La langue est charnue et non protractile chez les *Geckos* et les *Dragons* (*Crassilingues*): elle est très courte et échancrée à son extrémité chez les *Orvets* (*Brévililingues*); elle est très mince, longue, bifide à son extrémité et capable de s'allonger au dehors, en passant par une petite échancrure de la mâchoire supérieure, chez les *Lézards* (*Fissilingues*): enfin elle est épaisse, cylindrique et protractile chez les *Caméléons* (*Vermilingues*).

2^e ORDRE. — OPHIDIENS ou SERPENTS

Complètement dépourvus de membres et de ceintures. Vertèbres très nombreuses, toutes de même forme et portant toutes des côtes flottantes, excepté l'atlas et les vertèbres caudales.

Un de leurs caractères essentiels, c'est la grande dilatabilité de leur bouche, de leur œsophage et de leur estomac, qui leur permet d'avaler des proies beaucoup plus volumineuses que leur corps. La dilatabilité de leur tube digestif est facilitée par l'absence de

sternum; celle de leur bouche est due à deux choses : d'abord à la présence de l'os carré, par lequel la mandibule inférieure est suspendue à la tête, et qui est capable de prendre une direction verticale (*Qu*, fig. 492) ; en outre la mandibule inférieure est formée de deux moitiés qui sont réunies par un ligament élastique capable de se distendre lui-même largement.

Les dents sont petites, en forme de petits crochets recourbés en dedans pour maintenir la proie, et incapables de servir à la mastication; elles peuvent exister sur tous les os qui limitent la cavité buccale; mais celles des maxillaires supérieurs sont les plus importantes et certaines d'entre elles deviennent les crochets venimeux (fig. 492).

Parmi les Ophidiens, on distingue deux groupes différents :

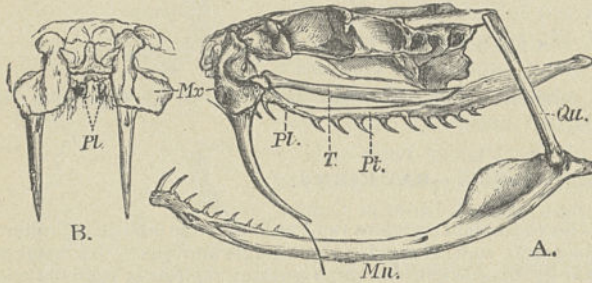


Fig. 492. — Tête d'un serpent venimeux (Craspédocéphale).

A, vue de profil. — B, vue de face avec les deux crochets à venin. — *Mr.* maxillaire supérieur et *Mu.* maxillaire inférieur articulé avec le crâne par l'intermédiaire de l'os carré *Qu.* — *Pl.* os ptérygoïde avec dents. Une soie a été passée dans le crochet à venin.

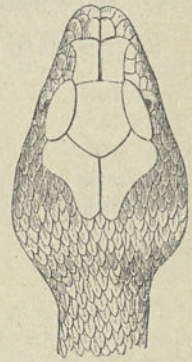


Fig. 493. — Tête de la Couleuvre à collier.

1° Les *Serpents non venimeux*, tels que la couleuvre, le boa d'Amérique, le python de l'Inde. Leurs dents sont toutes semblables, coniques et sans sillon.

2° Les *Serpents venimeux*, qui possèdent une glande à venin qui est une simple glande

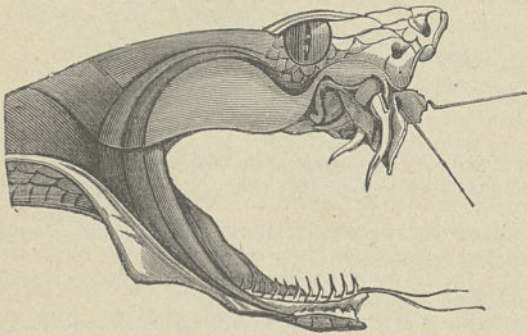


Fig. 494. — Tête du Crotale ou serpent à sonnettes montrant les crochets venimeux (Solénoglyphe).



Fig. 495. — Tête de la Vipère commune.

salivaire modifiée et dont le produit renferme un poison violent du système nerveux; ils ont en outre certaines dents plus longues que les autres par lesquelles s'écoule le venin.

Chez les *Najas* ou Serpents à lunettes, toutes les dents du devant des maxillaires supérieurs sont fixes, allongées en *crochets*, et présentent sur leur face antérieure une gouttière par où glisse le venin; d'où leur nom de *protéroglyphes* (*proteros* en avant, *gluphé*, incision).

Chez les *Vipères*, les Serpents à sonnettes de l'Amérique, les *Trigonocéphales* de l'Inde, les maxillaires supérieurs ne portent chacun qu'une seule dent transformée en *crochet venimeux*, en arrière de laquelle il y en a une ou deux autres petites, destinées au remplacement de la première au cas où elle se briserait. Ce crochet est percé dans toute sa lon-

gueur d'un canal intérieur pour l'écoulement du venin, d'où le nom de *solénoglyphes* donné à ces serpents (*solén.* canal) (fig. 494).

Au repos, le crochet est couché dans la bouche, mais quand celle-ci s'ouvre, l'os palatin bute contre le maxillaire et le fait basculer, ce qui fait que le crochet présente alors une direction presque verticale.

Des muscles puissants qui accompagnent le sac à venin se contractent au moment où l'animal va mordre et pressent en même temps sur ce sac, dont le produit s'écoule alors le long des rainures ou dans le canal interne des crochets.

3^e ORDRE. — CHÉLONIENS

Il renferme seulement les différentes espèces de Tortues, caractérisées par l'énorme carapace osseuse qui enveloppe et protège leur corps.

Les mâchoires sont dépourvues de dents et recouvertes d'un bec corné et tranchant comme celui des Oiseaux.

Parmi les Chéloniens, on distingue :

1^o Les *Tortues fluviales* qui sont carnassières. La carapace et le plastron sont incom-

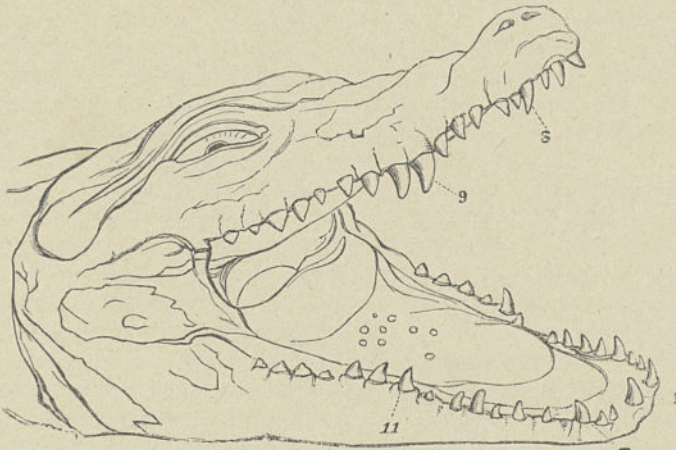


Fig. 496. — Mâchoires d'un Crocodile.

Dents toutes coniques; certaines, 3, 9, 11, plus fortes.

plètement ossifiés et formés d'os séparés. Leur peau est molle et non cornée; il en est de même de leurs lèvres; elles ont trois doigts distincts réunis par une membrane palmée;

2^o Les *Tortues marines*, qui ont les pattes totalement transformées en nageoires, sans doigts visibles. Viennent à terre pour pondre. Leur carapace est également incomplète, souvent formée de toutes petites pièces osseuses qui lui donnent un aspect chagriné, et leur épiderme fournit l'*écaille* du commerce. Atteignent souvent plusieurs centaines de kilogrammes dans l'Atlantique et le Pacifique;

3^o Les *Tortues terrestres* et les *Tortues des marais* sont les plus différenciées des Tortues, car leur plastron et leur carapace sont complètement ossifiés et intimement soudés. La *Tortue d'Europe* que l'on trouve dans les étangs du centre de la France a les pieds palmés et la carapace aplatie. La *Tortue grecque* de la région méditerranéenne est au contraire franchement terrestre et possède des pieds armés de griffes; sa carapace est fortement bombée.

4^e ORDRE. — CROCODILIENS

Cet ordre ne renferme que les trois genres de Crocodiles existant actuellement : les *Crocodiles* qui existent dans toutes les régions chaudes; les *Caimans* de l'Amérique et les *Gavials* de l'Inde.

Ils ont un cœur à quatre cavités (p. 33), des dents implantées dans des alvéoles et le corps recouvert de grosses plaques osseuses dermiques isolées, sur lesquelles s'étendent de larges plaques cornées de nature épidermique comme les écailles des Reptiles précédents.

La bouche ne s'ouvre que médiocrement parce que l'os carré et la mâchoire supérieure sont soudés au crâne. Les dents sont enfoncées dans des alvéoles comme chez les Mammifères. Le sternum est très allongé et s'étend jusque dans l'abdomen, où il porte encore des côtes (*sternum abdominal*).

§ 10. **Résumé des caractères des Reptiles.** — *Les Reptiles sont des Vertébrés franchement adaptés à la vie aérienne et respirant toujours à l'aide de poumons. — Leur corps est couvert d'écailles épidermiques. — Leur cœur est à quatre cavités; les deux ventricules communiquent entre eux ou sont exceptionnellement distincts (Crocodiliens). La circulation est double et incomplète. La tête est complètement ossifiée et portée par un seul condyle occipital — Les Vertèbres sont procales. — Température du corps variable. — Ovipares. — L'embryon enveloppé par une amnios et une allantoïde.*

QUATRIÈME CLASSE DES VERTÉBRÉS

OISEAUX

§ 1. **Caractères externes.** — Les Oiseaux possèdent deux caractères fondamentaux : ils ont le corps couvert de *plumes* et des membres antérieurs transformés en *ailles*.

Ce sont ceux de tous les Vertébrés qui ont la peau la plus mince ; elle est pauvre en vaisseaux sanguins et riche en organes tactiles. Elle est complètement dépourvue de glandes, sauf à la queue où il en existe deux volumineuses, les *glandes uropygiennes*, qui sécrètent un liquide onctueux que l'oiseau étale sur ses plumes à l'aide de son bec pour les lisser ; elles sont surtout développées chez les oiseaux aquatiques, où elles recouvrent les plumes d'un enduit gras qui les empêche de se mouiller.

Le derme n'engendre aucune formation osseuse, mais l'épiderme produit les *plumes*, le *revêtement corné* du bec, les *griffes* et les *écailles qui recouvrent les pattes*. Ces écailles ressemblent tout à fait à celles des lézards et constituent un des nombreux caractères qui rappellent la parenté des Oiseaux avec les Reptiles dont ils dérivent : l'oiseau le plus ancien, l'*Archæoptéryx* du Jurassique, était en effet plutôt une sorte de lézard emplumé ; ses mâchoires étaient armées de dents de Reptile, ses ailes se terminaient par trois doigts mobiles et armés de griffes, et sa longue queue, pareille à une queue de lézard, portait vingt-deux paires de plumes. Les descendants de cette forme bizarre se sont modifiés progressivement et ont pris peu à peu les caractères des Oiseaux actuels. D'ailleurs la patte de l'Oiseau ressemble encore à celle du Reptile pendant la vie embryonnaire : elle est formée de quatre os métatarsiens correspondant aux quatre doigts typiques, mais ils se soudent en un seul dans la suite du développement (fig. 500).

Une *plume* (fig. 497) est composée d'un axe allongé et corné, appelé le *rachis*, qui porte latéralement des prolongements ou *barbes* ; celles-ci portent à leur tour, sur toute leur longueur, des sortes de petits poils appelés les *barbules*. Sa partie inférieure est creusée d'une longue cavité, dans laquelle est logée une volumineuse papille dermique nourricière.

On distingue trois sortes de plumes : 1^o les *pennes*, grandes plumes à barbes rigides qui couvrent les ailes et forment la queue ; celles des ailes s'appellent les *remiges* et frappent l'air à la façon d'un éventail ; celles de la queue, généralement au nombre de douze, fonctionnent comme gouvernail et sont appelées pour cela les *rectrices* ; — 2^o les *tectrices*, moins rigides et moins grandes que les précédentes, et qui s'étendent sur tout le reste du corps en se recouvrant partiellement les unes les autres ; — 3^o le *dúvet* formé de plumes très fines avec tige et barbes très souples ; il est placé à la base des autres plumes et forme une couche isolante qui empêche la déperdition de la chaleur du corps.

Développement de la plume. — Elle a la même origine épidermique que les poils des Mammifères (fig. 497), mais elle se développe un peu différemment. La couche de Malpighi forme un petit mamelon qui s'accuse de plus en plus vers l'extérieur, tandis que le germe d'un poil s'enfonçait au contraire dans la profondeur du derme. Mais à mesure que ce mamelon s'allonge extérieurement, sa base s'enfonce progressivement dans le derme, s'y creuse une cavité et s'en coiffe. La couche de Malpighi continue à proliférer activement à sa surface externe pour engendrer les différentes parties de la plume, et la cavité centrale qu'elle limite est remplie par le derme qui devient ainsi la *papille nourricière*.

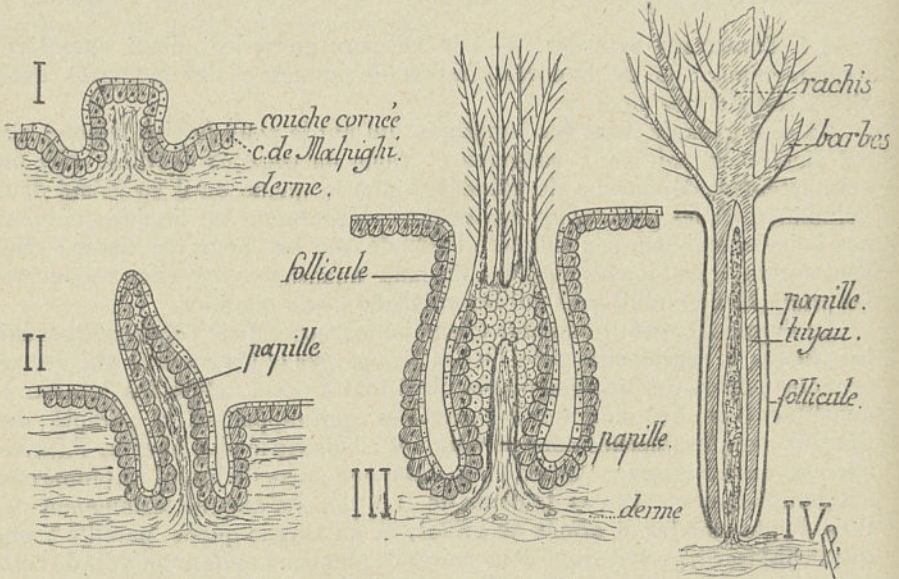


Fig. 497. — Développement des plumes.

I à II, les deux premières phases. — III, un duvet. — IV, plume véritable.

Toutefois ce n'est pas une plume à longue tige qui prend ainsi naissance, mais une petite plume courte, à nombreux filaments fins et souples, qui n'est pas autre chose qu'un *duvet* ou *plumule*; c'est à cet état qu'éclosent les Oiseaux. Deux cas se produisent ensuite : ou bien le duvet persiste, ou bien il se développe à sa base un nouveau germe qui repousse peu à peu cette dernière et engendre une plume véritable qui finit par faire tomber le duvet.

§ 2. *Squelette.* — Le *crâne* (fig. 498) des Oiseaux a ses différentes pièces intimement soudées les unes aux autres et repose sur la colonne vertébrale par un *seul condyle*. Il existe encore un *os carré* intermédiaire entre les deux mâchoires, mais il est beaucoup moins mobile que chez les Serpents.

Les *vertèbres cervicales* *Ce* ne sont pas en nombre fixe et sont articulées de telle façon qu'elles permettent au cou des mouvements assez étendus.

Toutes les suivantes sont intimement soudées les unes aux autres pour constituer un arc plus solide et donner un point d'appui plus fixe au bassin ainsi qu'aux muscles du vol. Les *vertèbres caudales*, toujours peu nombreuses, forment un os unique, le *croupion*, *C*.

Les côtes ne sont bien développées que dans la région thoracique et ont la particularité de posséder chacune une apophyse, l'*apophyse uncinée*, qui se dirige en arrière et s'applique sur la côte suivante, ce qui a encore pour effet d'augmenter la solidité de la cage thoracique (c, c' fig. 498 et fig. 499).

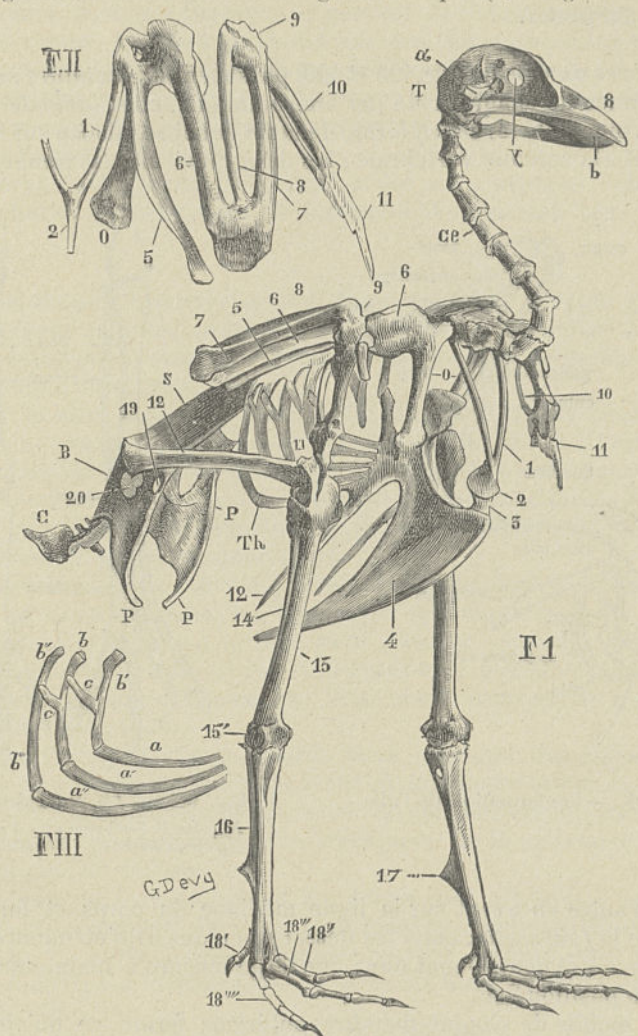


Fig. 498. — Squelette de l'oiseau.

Fig. 4. — Ceinture scapulaire : omoplate 5; clavicle 1; coracoïde O. — Ceinture pelvienne ou bassin B, — P: les pubis. — S, le sacrum. — C, le coccyx. — Membre antérieur : Détails à la figure 499. Membre inférieur : fémur, 12; tibia, 13; 14, péroné; 15', tarse; 16, métatarse; 17, ergot; 18' à 18''', les doigts; 4, bréchet. — Fig. II, Différentes pièces de l'aile; omoplate O; clavicle 1; coracoïde 5; fémur 6; radius et cubitus, 7 et 8; — carpe, métacarpe et doigt, 9, 10 et 11. — Fig. III, Trois côtes isolées avec leurs apophyses uncinées c, c'.

Elles s'attachent en avant à un sternum toujours large et possédant sur sa face antérieure une sorte de crête verticale, le *bréchet* (4), qui en augmente encore considérablement la surface, afin de fournir une base d'insertion aux muscles des ailes (muscles pectoraux). Ceux-ci sont d'autant plus développés

que l'oiseau est meilleur voilier, et le bréchet présente un développement correspondant. Les oiseaux qui ne volent pas (Autruche, Casoar, Aptéryx) en sont dépourvus et possèdent un sternum absolument plat; ils forment le groupe des *Ratiles*. Tous les autres Oiseaux ont un bréchet et sont qualifiés par suite de *Carinates*.

Les *membres antérieurs* (fig. 498 et 499) possèdent une *ceinture* scapulaire complète, formée de chaque côté par une *omoplate*, une *clavicule* et un os *coracoïde*. L'omoplate (5) est en forme de lame de sabre, placée sur les côtes, parallèlement à la colonne vertébrale; les deux clavicules (1) viennent s'atta-

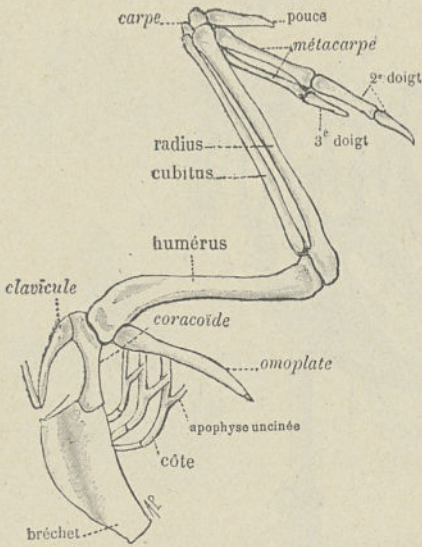


Fig. 499. — Conformation de l'aile.

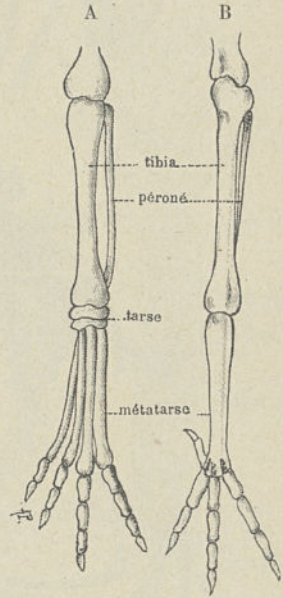


Fig. 500. — La patte des Oiseaux. A, patte de l'embryon avec 4 métatarsiens (patte de Reptile). — B, patte de l'adulte.

cher l'une à l'autre en avant sur la ligne médiane du corps et forment ce qu'on appelle la *fourchette*; enfin les deux coracoïdes (O) s'étendent de l'omoplate au sternum et contribuent dans une large mesure à maintenir ce dernier dans une position fixe.

La partie mobile de chaque membre antérieur forme ce qu'on appelle communément l'*aile* et comprend l'*humérus*, le *radius* et le *cubitus*, deux os *carpiens* rudimentaires, deux *métacarpiens* allongés et trois doigts qui sont : le *pouce*, formé d'une *seule phalange* située assez loin de l'extrémité de l'aile, au voisinage du carpe; l'*index* qui possède deux phalanges faisant suite à l'un des métacarpiens; enfin le *médius* qui continue l'autre métacarpien et n'est formé que d'une seule phalange.

Ces doigts atrophiés sont complètement enveloppés par la chair et transformés en une sorte de baguette rectiligne, sur laquelle s'insère une rangée de grandes plumes rémiges, qui frappent l'air à la façon d'un éventail et déterminent le vol.

Les premiers Oiseaux (Archæopteryx du Jurassique) possédaient au contraire trois doigts libres terminés par des griffes.

L'aile des Oiseaux actuels, avec sa tige terminale unique, paraît constituer un éventail plus parfait et mieux spécialisé pour le vol.

Cependant quelques Oiseaux se servent de leurs membres antérieurs comme de rames; tels sont les *Plongeurs*, les *Pingouins* et les *Manchots* qui sont tous d'excellents nageurs; le squelette de leurs membres est formé des pièces normales, mais celles-ci sont larges et aplaties; chez les *Manchots* elles sont recouvertes de plumes extrêmement courtes et serrées qui ont tout à fait l'aspect d'écaillés.

L'Aptéryx de la Nouvelle-Zélande a des ailes presque nulles, cachées sous les plumes qui sont fines et ressemblent beaucoup plus à des poils allongés.

Les *membres inférieurs* (fig. 498) débutent, selon la règle générale, par un bassin B ou *ceinture pelvienne* qui possède la particularité d'être très allongée, intimement unie à la colonne vertébrale et *largement ouverte en avant*, excepté chez l'Autruche.

Il vient ensuite le *fémur* (12, fig. 498), dirigé à peu près horizontalement en avant; le *tibia* et le *péroné* (13 et 14), ce dernier réduit à l'état de stylet; un *tarse atrophié* (15) et un *métatarse* composé d'un os unique (16) que l'on désigne couramment sous la dénomination impropre de *tarse*; il est d'autant plus long que l'Oiseau est plus haut de pattes. Il atteint son maximum chez les Echassiers (cigogne, flamant, etc.).

Il se termine le plus souvent par quatre doigts, dont trois sont dirigés en avant et un en arrière. Chez les Grimpeurs (perroquet, pic) ils sont placés deux en avant et deux en arrière, pour pouvoir saisir les branches. Les Casoars n'en ont que trois et les Autruches n'en possèdent plus que deux, dont un rudimentaire et l'autre très large pour courir sur le sable sans s'y enfoncer (fig. 504 et 506).

Chez les Palmipèdes (oie, canard, etc.), qui sont des oiseaux nageurs, les doigts sont réunis par une membrane et fonctionnent comme des rames.

L'*ergot* (17) que possèdent les mâles de certains Gallinacés (coq, faisan, paon...) est une *production cornée* développée sur le métatarse et qui constitue un organe de défense.

Rappelons que le métatarse et les doigts sont généralement dépourvus de plumes et *recouverts d'écaillés* identiques à celles des Reptiles; et que pendant la vie embryonnaire, il existe encore comme chez les Reptiles *quatre métatarsiens distincts*, qui se soudent dans la suite en une pièce unique (fig. 500).

Enfin ajoutons que les os des oiseaux sont creusés de nombreuses cavités remplies d'air, qui ont pour effet de diminuer leur poids sans nuire à leur solidité et de constituer de véritables réserves respiratoires qui sont utilisées pendant le vol. Les os longs n'ont pas de moelle et leur cavité médullaire est également remplie d'air. D'ailleurs les os sont d'autant plus *pneumatiques* que l'oiseau est meilleur volier, et chez ceux qui ont le vol le plus puissant, il n'y a guère que les *phalanges* et l'*omoplate* qui restent des os pleins; inversement la pneumatité est à son minimum chez les Autruches, qui ne volent pas. L'air pénètre dans les cavités osseuses par des prolongements des sacs aériens (p. 594).

§ 3. **Tube digestif.** — Le tube digestif des Oiseaux est ouvert à ses deux extrémités comme celui de tous les autres Vertébrés, mais il présente un certain nombre de particularités tout à fait caractéristiques.

En premier lieu les dents manquent et les mandibules sont simplement

recouvertes d'un étui corné qu'on appelle le *bec*. Mais il est intéressant de noter que les premiers Oiseaux des époques géologiques (*Archæoptéryx*, *Hesperornis* du secondaire) possédaient des mâchoires non cornées avec des dents implantées dans des alvéoles, et que les embryons de certaines formes actuelles possèdent encore des germes dentaires qui disparaissent de très bonne heure sans laisser de traces.

Chez les Palmipèdes (canard, cygne...), le bec est bordé d'une membrane très riche en corpuscules tactiles, dont nous avons décrit précédemment la structure (p. 148).

La langue est toujours effilée et recouverte d'un étui corné qui lui donne de la dureté et lui enlève toute sensibilité gustative; il n'y a guère que les Perroquets qui possèdent une langue molle et charnue. D'ailleurs les glandes salivaires bien différenciées qui existent chez les Mammifères font défaut chez les Oiseaux et ceux-ci ne goûtent pas les aliments.

La partie du tube digestif qui fait suite à la bouche présente elle-même un certain nombre de divisions bien nettes (fig. 501).

1° L'œsophage est souvent accompagné d'une dilatation unilaté-

rale, le *jabot*, simple réservoir supplémentaire toujours bien développé chez les granivores, où les graines s'accablent avant d'arriver dans l'estomac et où elles subissent un commencement de digestion : les graines y sont ramollies et gonflées au bout de quelques heures; leur cellulose y est partiellement attaquée par la *cytase* du ferment butyrique (*bacillus amylobacter*) et donne de la glucose; l'absorption immédiate de ce sucre l'empêche d'être décomposé davantage par le ferment. Chez les Pigeons, le jabot produit en abondance un liquide albuminoïde que l'oiseau fait remonter dans sa bouche et qu'il donne en nourriture à ses petits ;

2° L'estomac qui vient ensuite est subdivisé en deux parties distinctes. Chez les oiseaux granivores, l'une, appelée le *ventricule succenturié*, sert uniquement à la production du suc gastrique; l'autre, le *gésier*, sert unique-

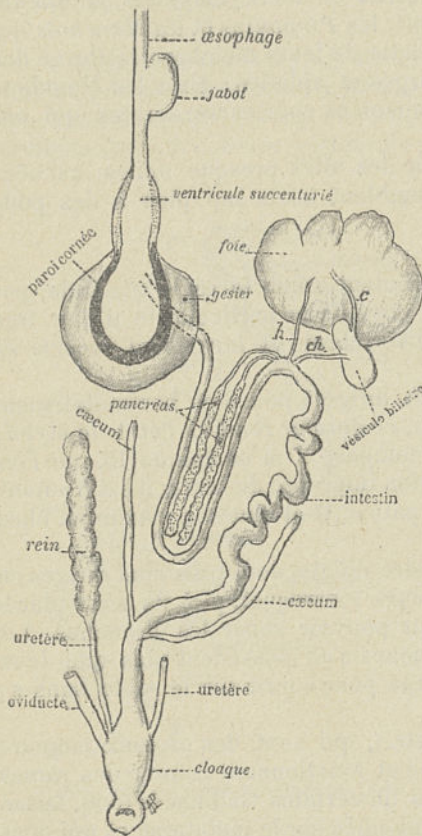


Fig. 501. — Tube digestif de l'Oiseau.
c, canal cystique. — ch, canal cholédoque. — h, canal hépatique.

ment au broyage des aliments et supplée ainsi à l'action des dents absentes.

Chez les Rapaces (aigle, hibou...), qui se nourrissent de chair, l'estomac n'a qu'un seul compartiment; les glandes gastriques y occupent une zone circulaire dans la partie moyenne; ses parois sont minces et musculeuses. Leur suc gastrique a une puissance exceptionnelle, mais n'arrive cependant pas à digérer les poils, les plumes ni les os; toutes ces parties sont vomies par l'oiseau à la fin de la digestion. Chez les granivores, au contraire, les parois du gésier sont énormes et leurs muscles lisses forment deux grosses masses latérales recouvertes chacune d'une aponévrose et capables de contractions énergiques; leur face interne est même tapissée d'une *couche cornée et pierreuse* capable de résister aux aspérités des graines. Beaucoup d'oiseaux avalent en outre des petits graviers qui facilitent la trituration des aliments dans l'estomac. Le gésier se contracte avec une grande énergie et à la façon d'un cœur; chez les oiseaux de basse-cour il est capable de déformer des balles de plomb et des pièces de monnaie (poulet). Réaumur a vu aplatir par le gésier d'un dindon un tube de fer-blanc qui avait résisté à un poids de 535 livres; l'estomac de l'autruche déforme le verre.

Les glandes gastriques couvrent toute la face interne du *ventricule succenturié*, mais les aliments ne sont pas peptonisés dans cette poche, qu'ils ne font que traverser.

3° L'*intestin* qui fait suite au gésier s'en détache très haut, tout près du cardia, et décrit un petit nombre de circonvolutions. La première partie a toujours la forme d'un U, entre les deux branches duquel est logé le pancréas très allongé, qui possède *deux conduits excréteurs*. Au voisinage du canal pancréatique débouchent *deux canaux* qui amènent la bile, l'un venant *directement du foie*, l'autre de la *vésicule biliaire*.

Le rectum est toujours très court, rectiligne et se reconnaît parce qu'il présente à son origine deux prolongements en culs-de-sac ou *cæcums*, dont la longueur dépasse quelquefois celle de l'intestin tout entier; ils paraissent tout simplement servir à allonger ce dernier.

Le rectum s'ouvre dans une dilatation ou *cloaque*, dans laquelle arrivent en outre les deux uretères et l'unique conduit des œufs ou oviducte.

Les reins sont lobulés et contigus. L'urine est presque solide, et mélangée avec les excréments elle donne le guano. Elle est formée presque entièrement d'acide urique.

§ 4. **Appareil respiratoire.** — L'embryon des Oiseaux porte de chaque côté du cou des fentes branchiales qui se ferment de très bonne heure sans avoir jamais fonctionné, mais qui ont l'intérêt de montrer les liens de parenté de ces animaux avec les Vertébrés aquatiques.

Dès leur naissance, ils possèdent deux poumons communiquant avec l'extérieur par une trachée longue et parfois sinueuse. Cette trachée possède à son orifice un larynx dépourvu de cordes vocales et ne jouant aucun rôle dans la production des sons; un peu plus bas, à sa bifurcation, se trouve un second larynx de structure compliquée, qui sert à la production de la voix et que l'on appelle le *Syrinx*.

Les poumons sont fixés contre la cage thoracique et se moulent exactement sur les côtes, ce qui leur donne une surface bosselée. La bronche se subdivise un grand nombre de fois dans l'intérieur du poumon correspondant et chaque ramification se termine, comme chez l'homme, dans un

alvéole qui est toujours de grande dimension. Mais de plus il existe cinq ramifications bronchiques qui traversent chaque poumon de part en part sans s'y subdiviser, et viennent se terminer à sa surface par cinq orifices qui s'ouvrent dans des sacs membraneux, essentiellement caractéristiques des Oiseaux et appelés les sacs aériens (fig. 242).

Ces sacs ne sont pas autre chose que les extrémités très dilatées de

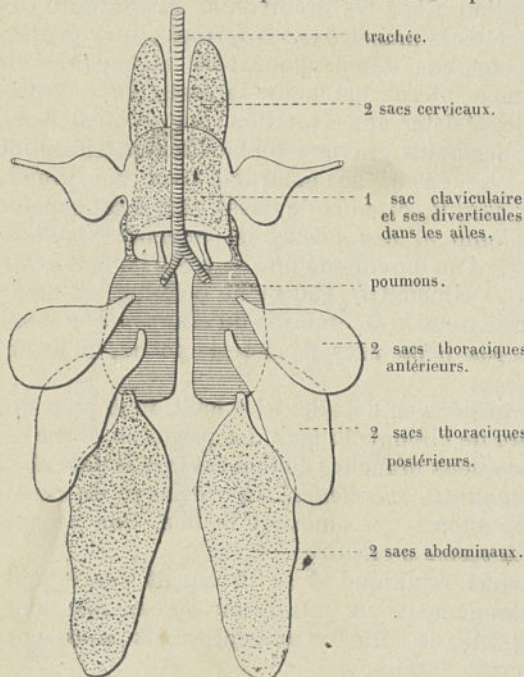


Fig. 502.

Figure schématique des neuf sacs aériens du pigeon.
(BOUTAN, Zoologie.)

certaines bronches; ils sont situés sous les téguments et remplissent presque toute la cavité du corps. Ils sont au nombre de neuf, indépendants les uns des autres (fig. 502) :

Un sac médian et impair ou *sac claviculaire*, situé entre les clavicules et communiquant avec l'orifice supérieur de chaque poumon; — deux sacs *cervicaux* dans la région du cou; — quatre *thoraciques* et deux *abdominaux*. Ces quatre dernières paires sont disposées symétriquement, et reçoivent leur air du poumon correspondant.

Ajoutons que ces sacs aériens sont à parois minces et qu'il n'est possible de les mettre bien en évidence qu'en les injectant de suif fondu.

Ils possèdent la particularité d'envoyer des prolongements dans toutes les cavités des os et en particulier dans ceux des membres; ils en envoient

même dans les muscles, entre les faisceaux musculaires, permettant ainsi à ces derniers de recevoir directement l'air nécessaire à leur respiration; celle-ci est tellement active que la température atteint de 40 à 44°.

On montre les communications des os des membres avec les sacs aériens, en baïllonnant un canard avec un bonnet de caoutchouc et en lui brisant l'humérus. L'air pénètre alors par la section de cet os, arrive dans les sacs aériens par les prolongements que ceux-ci envoient dans les os de l'aile, et des sacs il se rend finalement dans les poumons.

Les sacs aériens *ne constituent pas une membrane respiratoire*, car ils reçoivent du sang artériel et laissent partir du sang veineux comme n'importe quel autre organe, tandis que c'est l'inverse qui se produit dans une membrane respiratoire.

Leur rôle est triple : 1° gonflés, ils diminuent le poids spécifique de l'oiseau et facilitent le vol; les meilleurs voiliers sont en effet ceux qui ont les sacs les plus développés; 2° ils constituent une réserve importante d'air qui s'échauffe, et qui retourne ensuite dans les bronches et les poumons

pour être utilisée surtout pendant le vol, alors que les muscles sont le siège d'une respiration très active; 3° les poumons étant encastrés entre les côtes ne peuvent subir que des variations de volume très faibles et insuffisantes pour assurer l'entrée et la sortie de l'air. Or les sacs aériens se gonflent et s'affaissent alternativement sous l'action des muscles de la paroi du corps, et déterminent ainsi des courants d'air qui renouvellent l'atmosphère des poumons.

§ 5. Appareil circulatoire (p. 322).

§ 6. Système nerveux (p. 133).

§ 7. Œil et oreille (p. 188 et 208).

§ 8. L'œuf (fig. 503). — Les Oiseaux sont ovipares, et comme l'embryon se développe dans l'œuf, en dehors de l'organisme maternel qui se trouve ainsi dans l'impossibilité de lui fournir des matières nutritives dans le cours de son évolution, cet œuf renferme une réserve suffisante de substances nutritives pour pourvoir au développement du jeune pendant la période embryonnaire. Ces substances forment le *blanc* et le *jaune* de l'œuf.

Le *jaune* ou *vitellus jaune* est constitué par une masse de cellules bourrées de matières grasses et de pigments colorés.

Le *blanc* est tout simplement de l'albumine qui entoure complètement le jaune et qui est plus dense au centre qu'à la périphérie. Il présente, aux deux pôles de l'œuf, deux sortes de tortillons C que l'on appelle les *chalazes* et qui maintiennent la masse centrale de l'œuf au milieu du blanc.

Quant à la *cellule-œuf* primitive qui en se cloisonnant engendrera l'embryon et qui constitue en somme la partie vraiment fondamentale de l'œuf, elle est représentée par une toute petite tache lenticulaire L que l'on appelle communément le *germe* ou *cicatricule*, et qui est située en un certain point de la surface du jaune, vers le centre duquel elle se prolonge en forme de battant de cloche. Au moment de la ponte la cellule-œuf est déjà en voie de segmentation avancée et se trouve en général au stade de la *gastrula*.

A ces parties essentielles de l'œuf, s'en ajoutent d'autres accessoires :

1° Le blanc est enveloppé d'une membrane à deux feuillets, la *membrane vitelline* ou *membrane coquillière*. Le feuillet externe C est exactement appliqué contre la coquille. L'interne D sert de point de fixation aux chalazes et s'écarte vers le gros bout de l'œuf, où il circonscrit une cavité remplie d'air, la *chambre à air* (23,5 d'oxygène et 76 d'azote), que l'embryon utilise pour sa respiration;

2° Tout à fait en dehors se trouve la coquille, formée d'une membrane

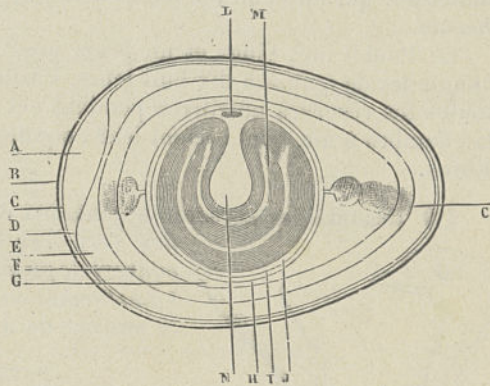


Fig. 503. — OŒufs de Poule.

L, germe ou cicatricule. — M, le jaune. — E, F, et G, le blanc. — C et D, les deux membranes vitellines. — A, chambre à air. — B, la coquille. — C', extrémité de la chalaze.

mince kératinisée, c'est-à-dire de même nature que les ongles, et imprégnée d'une forte proportion de sels calcaires qui lui donnent de la rigidité. Quelquefois elle est tachetée par des pigments qui se sont déposés en même temps que le calcaire; elle est d'ailleurs poreuse et permet le renouvellement de l'air de la chambre à air.

Lorsque l'œuf s'engage dans l'oviducte, il ne possède encore que le *jaune* et le germe. A mesure qu'il descend dans l'oviducte, il s'entoure d'abord du blanc qui est sécrété par de nombreuses petites glandes de cet oviducte. Plus bas se produit la membrane coquillière, et enfin la coquille dont le calcaire est également fourni par des glandes spéciales de l'oviducte.

Le jaune et le blanc fournissent à l'embryon la matière ternaire et la matière azotée nécessaires au développement de ses tissus. C'est leur masse qui donne à l'œuf ses dimensions relativement considérables. L'œuf des Mammifères est au contraire à peu près microscopique au début de sa segmentation, parce qu'il se développe toujours dans l'intérieur de l'organisme maternel, qui lui cède au fur et à mesure les matériaux nutritifs dont il a besoin.

Le Poulet met vingt et un jours pour subir son évolution, les Oiseaux chanteurs de quinze à dix-huit jours, l'Autruche deux mois. Ils consomment toutes les réserves nutritives pendant cet intervalle, respirent l'oxygène de la chambre à air, puis brisent leur coquille à l'aide de leur bec pour devenir libres.

§ 9. **Résumé des caractères généraux des Oiseaux.** — *Les Oiseaux sont des Vertébrés à sang chaud, dont le corps est couvert de plumes; les membres antérieurs sont transformés en ailes et les postérieurs propres à la marche ou à la station. — La tête est dépour-*

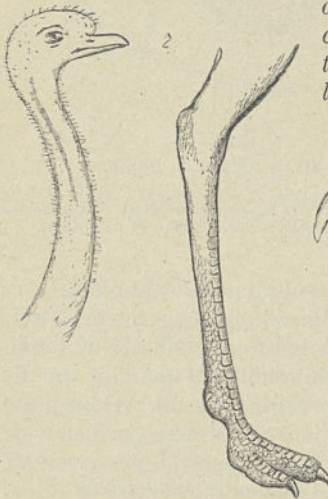


Fig. 504.
Tête et patte d'Autruche.



Fig. 505. — Tête et patte de Rapace (Buse).

vue de dents, complètement ossifiée et est portée par un seul condyle. — Le cœur est à quatre cavités, la circulation double et incomplète. — Respiration toujours pulmonaire; poumons et sacs aériens. — Ovipares. — Pourvus d'un amnios et d'une allantoïde.

§ 10. **Classification.** — La classe des Oiseaux se subdivise en huit ordres,

basés principalement sur la conformation des membres inférieurs, du bec ou du squelette.

L'Autruche et le Casoar seuls n'ont pas de bréchet et forment le groupe des *Ratites*. Tous les autres oiseaux ont un bréchet plus ou moins accentué et peuvent être réunis sous le nom de *Carinates*.

I. — *Coueurs ou Ratites* (fig. 504). — Ils renferment les Autruches, les Casoars et les Aptéryx de la Nouvelle-Zélande. Oiseaux de grande taille, dépourvus de bréchet et ne volant pas, mais sont d'excellents coursiers; 2 ou 3 doigts tous placés en avant et dont l'un est toujours plus développé et plus large que les autres.

II. — Les *Carinates* comprennent les sept ordres suivants :

1° Les *Rapaces* (fig. 505). — Oiseaux de proie à bec crochu et à pattes formées de fortes griffes ou *serres*. On distingue les *Rapaces diurnes* (aigle, vautour, faucon) qui ont les yeux placés latéralement, un cou bien délimité, trois doigts en avant et un en arrière; et les *Rapaces nocturnes* (chouette, hibou), qui ont les yeux placés en avant, sans démarcation pour le cou; deux doigts en avant, un en dehors et un en arrière;

2° Les *Grimpeurs* (fig. 506). — Caractérisés par deux doigts en avant et



Fig. 506. — Tête et pied de Grimpeur (Pic-vert).

deux en arrière qui leur permettent de saisir les branches et de grimper.



Fig. 507. — Tête et pied de Gallinacé (Perdrix).

Langue charnue et bec fortement recourbé (perroquet); bec long et droit (pic, coucou);

3° Les *Pigeons*. — Bec faible. Très bons voiliers; narines couvertes d'écaillés renflées. Le jabot sécrète un liquide crémeux qui sert à la nourriture des jeunes (pigeon, tourterelle);

4° Les *Gallinacés* (fig. 507). — Oiseaux de basse-cour. Bec court et fort; mauvais voiliers, ailes courtes, vol lourd et bruyant.

Le mâle possède souvent un *ergot* aux pattes (coq, faisan, paon, perdrix, pintade);

5° Les *Palmipèdes* (fig. 508). — Doigts réunis par une palmure et pouvant servir de rames. Deux glandes uropygiennes à l'extrémité de l'abdomen,



Fig. 508. — Tête et pied de Palmipède (Canard).

dont le produit sert à huiler le plumage et l'empêche de se mouiller dans l'eau (canard, cygne, oie). Quelques-uns sont de très bons voiliers et parcourent des distances considérables en mer (frégate, albatros, mouette);

6° Les *Echassiers* (fig. 509). — Reconnaisables à leur métatarse très long et dégarni de plumes, ce qui en fait des oiseaux hauts de pattes. Le

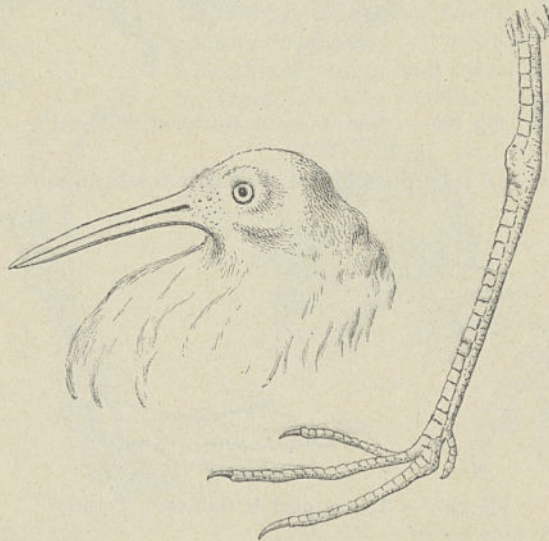


Fig. 509. — Tête et pied d'Echassier (Combattant).

bec est encore très allongé, les doigts libres (cigogne, ibis, bécasse, vanneau, poule d'eau);

7° Les *Passereaux* (fig. 510). — Ce groupe qui renferme la plupart des petits oiseaux des champs est assez difficile à caractériser très nettement :

on dira qu'il renferme tous les oiseaux qui n'appartiennent à aucun des ordres précédents.

Ce sont des oiseaux généralement de petite taille et ordinairement chan-

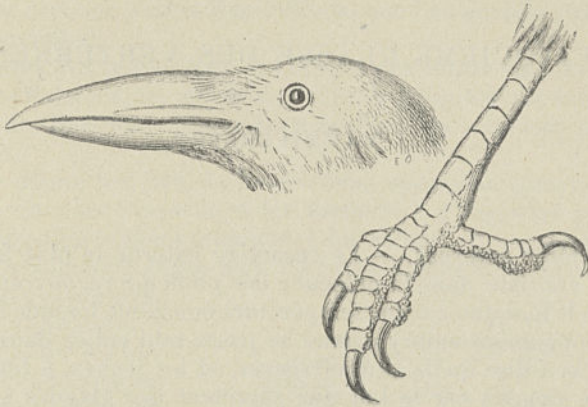


Fig. 510. — Tête et patte de Passereau (Corbeau).

teurs. Trois doigts en avant, un en arrière. On y distingue les *Conirostres* qui ont un bec court et conique (bouvreuil, moineau); les *Dentirostres* qui ont la mandibule inférieure échancrée vers l'extrémité (mésange, grive); les *Ténuirostres* au bec long et grêle (colibri); les *Fissirostres* au bec faible, court et aplati (hirondelle).

CINQUIÈME CLASSE DES VERTÉBRÉS

MAMMIFÈRES

§ 1. **Caractères externes.** — Le caractère externe le plus frappant chez ces animaux consiste dans la présence des *poils* qui recouvrent le corps et contribuent à le maintenir à une température constante lorsque l'air se refroidit. Le développement embryonnaire se passe tout entier dans l'organisme maternel, c'est-à-dire qu'ils sont *vivipares*, et les jeunes, à leur naissance, sont toujours nourris par le lait que sécrètent des glandes spéciales, les *mamelles*.

On les regarde comme issus des anciens Reptiles dont un rameau aurait évolué pour donner les Oiseaux et un autre les Mammifères ; les *Monotrèmes* (Echidné et Ornithorhynque) qui vivent aujourd'hui en Australie sont des formes de passage qui montrent des traces bien nettes de cette ancienne parenté. Ces animaux pondent en effet des œufs comme les Oiseaux et les Reptiles ; comme ces derniers ils possèdent un *cloaque* où viennent s'ouvrir l'intestin, les tubes urinaires et les conduits des œufs ; et enfin ils ont une ceinture scapulaire dont chaque moitié est formée des trois pièces caractéristiques : *omoplate*, *clavicule* et *coracoïde*.

La *peau* des Mammifères est formée d'un *derme* et d'un *épiderme* comme celle de tous les Vertébrés ; elle renferme toujours des *glandes sudoripares* et des *glandes sébacées* plus ou moins nombreuses. L'*épiderme* est remarquable par sa grande épaisseur et en particulier par le grand développement de sa *couche cornée*, dont les cellules les plus superficielles se détachent régulièrement comme chez l'homme.

Le derme présente également comme chez nous des aspérités ou *papilles*, dont les unes renferment des vaisseaux sanguins nourriciers et les autres des corpuscules tactiles.

Il renferme dans sa profondeur des petits amas ou *panicules* de graisse ; chez tous les Mammifères qui vivent dans l'eau et chez ceux qui ont les poils rares, ces panicules forment une couche continue de lard, qui a surtout pour but d'empêcher la déperdition de la chaleur du corps par rayonnement (porc, baleine, etc.). Une baleine peut en fournir jusqu'à 30 000 kilogrammes.

L'*épiderme* engendre un certain nombre de productions qui ont pour rôle de mieux assurer la protection de la surface du corps. Les principales sont :

1° Les *poils* dont nous avons étudié le développement (p. 144) et qui sont plus ou moins fins et plus ou moins serrés, prenant la forme de *laine*, de *crins*, de *soies* (porcs), etc. ;

2° Les *piquants* des Porcs-Épics et des Hérissons, qui ne sont que des poils volumineux ;

3° Les *ongles* et les *griffes*, qui recouvrent la face dorsale de la dernière phalange chez beaucoup de Mammifères, qualifiés pour cela d'*Onguiculés*; les *sabots*, espèces d'étuis en corne qui enveloppent totalement la dernière phalange chez certains autres Mammifères, que l'on qualifie pour cela d'*Onguiculés* (bœuf, mouton);

4° Les cornes des Rhinocéros, les cornes des Ruminants (bœuf, chèvre), les fanons des Baleines, les grosses écailles imbriquées qui couvrent le dos et les flancs des Pangolins, les petites écailles qui couvrent la queue des Rongeurs (rât).

Le *derme* donne fort peu de productions spéciales, contrairement à ce qui se passe chez les Poissons et les Tortues; il n'engendre guère que les plaques osseuses qui forment la carapace des Tatous, et encore cette carapace reste-t-elle absolument indépendante du squelette interne. Elle est recouverte par des plaques cornées engendrées par l'épiderme.

Il faut y ajouter les cornes pleines et caduques des Cervidés, que l'on appelle les *bois*. Ces cornes ramifiées n'existent que chez le mâle et tombent chaque année pour repousser ensuite plus développées. Leur chute laisse une plaie saignante par la mise à nu des vaisseaux du derme.

§ 2. Tube digestif. —

C'est un tube ouvert à ses deux extrémités comme celui de tous les autres Vertébrés, et ayant dans son ensemble la même disposition que celui de l'homme, avec les mêmes organes annexes, *glandessalivaires*, *foie* et *pancréas*.

La *mastication* est à peu près spéciale aux Mammifères et s'effectue par des dents conformées d'après le régime alimentaire. Les glandes parotides, qui servent principalement à humecter les aliments, sont très développées chez les granivores et les herbivores, nulles chez les Phoques et les Gécacés (baleine) qui ont la faculté d'avaler autant d'eau qu'il leur en faut en même temps que leurs aliments solides.

L'estomac a presque toujours la forme d'une poche renflée en cornemuse, servant à la fois à brasser et à digérer les aliments. Mais il est intéressant de constater que chez certaines espèces, la poche stomacale se divise en plusieurs compartiments, dans l'un desquels se concentre la sécrétion du suc gastrique. Ainsi le Rat et l'Hippopotame ont leur estomac étranglé en deux poches, une poche *cardiaque* et une poche *pylorique*, dont la première est à peu près seule à sécréter le suc digestif (fig. 511). Les Porcins, les Mar-

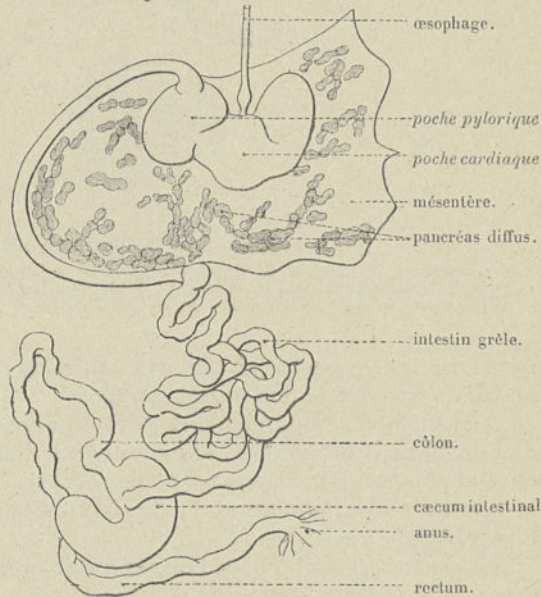


Fig. 511. — Tube digestif du rat montrant l'estomac avec ses deux poches. (BOUTAN, *Zoologie*.)

souins, quelques Singes et les Paresseux (édentés) ont également un estomac à plusieurs poches.

Chez les *Ruminants* (bœuf, mouton) l'estomac atteint son maximum de complication et ne présente pas moins de quatre poches distinctes : la *panse* ou *rumen*, le *bonnet*, le *feuillet* et la *caillette*, cette dernière seule

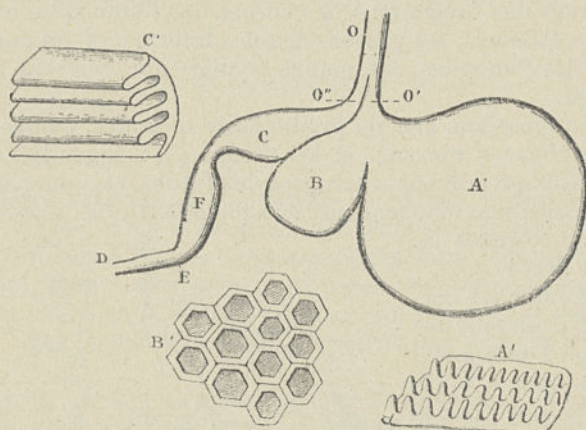


Fig. 512. — Estomac d'un Ruminant.

O, œsophage. — A, panse. — B, bonnet. — C, feuillet. — F, caillette. — E, pylore. — D, duodénum. — O', orifice entre l'œsophage, la panse et le bonnet. — O'', demi-canal allant de l'œsophage au feuillet. — A', muqueuse de la panse avec ses aspérités cornées. — B', muqueuse du bonnet. — C', feuillets de la muqueuse du feuillet.

sécrétant le suc gastrique (fig. 512). De plus ces animaux *ruminent*, ce que ne fait aucun animal des autres groupes.

Aux champs, le Ruminant broute l'herbe sans discontinuer et l'avale immédiatement sans la mâcher ; elle descend le long de l'œsophage en le distendant et pénètre dans la *panse* (A, fig. 512) en écartant les lèvres d'un sillon, la *gouttière œsophagienne* (O', fig. 512), située à l'extrémité inférieure de l'œsophage.

La panse sert tout d'abord de réservoir et se distend d'autant plus que le repas a été plus copieux. Elle ne sécrète aucun liquide digestif et sa surface interne est complètement hérissée de petites aspérités cornées. La face interne du *bonnet* est également couverte de petites aspérités figurant des hexagones (B', fig. 512) qui lui donnent l'aspect des loges de certains poly-piers.

Si on observe la répartition des aliments dans l'estomac une fois plein, on les trouve à peu près superposés par ordre de densité : les solides s'accumulent surtout dans le fond de la panse ; les liquides s'accumulent dans le grand cul-de-sac droit de cette panse et dans le bonnet, s'échappant même en petite quantité dans le *feuillet* et la *caillette*. Les contractions répétées de la panse et surtout celles du bonnet qui sont particulièrement intenses, opèrent un brassage de toute la masse.

Une fois l'animal au repos, il se couche et alors commence la *ruminatio*n ; le calme et la plénitude de la panse sont des conditions nécessaires, bien que les bœufs ruminent quelquefois au labour. L'animal fait alors revenir dans la bouche une petite quantité du contenu stomacal, la mastique longuement grâce à une salivation extrêmement abondante, puis l'avale de nouveau. — La salive joue certainement dans cet acte un rôle très important ; car on arrête complètement la ruminatio

Au cours de la rumination, chaque mouvement de déglutition est immédiatement suivi du retour ou réjection d'un nouveau bol alimentaire renvoyé par l'estomac ; ce double mouvement de descente et de montée se répète de 40 à 50 fois par heure ; chaque réjection est toujours aussitôt suivie de deux ou trois déglutitions secondaires pour chasser l'excès de liquide qui est revenu en même temps que l'herbe.

Les réjections sont provoquées par les contractions du diaphragme : chaque contraction diaphragmatique produit en effet une sorte de vide intrathoracique qui détermine à son tour une aspiration à l'entrée de l'œsophage. En excitant directement le nerf phrénique, on fait contracter le diaphragme et apparaître les réjections, surtout si en même temps on bouche le nez de l'animal : dans ce cas, le vide produit par l'aspiration thoracique est beaucoup plus considérable et les aliments peuvent être projetés à deux mètres.

Dans quels compartiments de l'estomac se rendent les aliments quand ils sont mastiqués et avalés pour la seconde fois? On a cru pendant longtemps que la bouillie claire déglutie ne retournait pas dans la panse parce qu'elle était incapable d'écarter les lèvres de la gouttière œsophagienne, et qu'elle ne faisait que glisser tout simplement le long de cette gouttière pour tomber directement dans le feuillet, puis dans la caillette.

En réalité, les aliments ramenés par l'œsophage après la mastication, tombent encore dans la panse et peuvent être renvoyés encore à diverses reprises dans la bouche où ils subissent une division plus complète.

De la panse, cette bouillie passe peu à peu et directement dans le feuillet, puis dans la caillette, sans qu'on sache exactement le rôle de la gouttière œsophagienne qui, étant très variable d'une espèce à l'autre, ne doit pas vraisemblablement avoir une action importante ; la rumination se produit encore en effet chez les animaux dont la gouttière œsophagienne a été enlevée expérimentalement.

Le feuillet paraît jouer un rôle purement mécanique : son nom lui vient de ce que sa paroi interne présente de très nombreux replis, très rapprochés et très saillants, qui forment une série de goussets profonds (C, fig. 512) ; leur surface est encore couverte de papilles cornées. Ces feuillets retiennent toutes les parties grossières dont ils achèvent peu à peu la division et ils ne laissent passer dans la caillette que les parties parfaitement molles.

Digestion chimique. — La caillette (F, fig. 512), qui fait suite au feuillet, a une forme allongée comme ce dernier ; sa paroi interne présente également un très grand nombre de lames saillantes qui augmentent considérablement la surface de la muqueuse ; mais ces lames sont molles et gluantes ; elles renferment en effet des glandes qui secrètent un suc gastrique extrêmement abondant et particulièrement actif ; les aliments y arrivent par petites ondes successives abandonnées par le feuillet ; une fois mélangés avec le suc gastrique, ils deviennent une bouillie très molle qui s'écoule lentement dans l'intestin grêle où se continue l'action chimique de ce suc gastrique.

Rappelons que la caillette des jeunes mammifères secrète, pendant toute la période de l'allaitement, un suc gastrique dépourvu de pepsine et renfermant un autre ferment spécial, la présure, qui coagule le lait (p. 249).

Mais si la caillette est la seule poche stomacale qui secrète du suc gastrique, il ne s'en suit pas que la digestion chimique soit impossible dans les autres compartiments. Il se produit aussi des phénomènes chimiques dans le bonnet et la panse ; ils sont même particulièrement importants dans cette dernière poche.

Celle-ci renferme en effet et d'une façon permanente un nombre incalculable d'Infusoires et de Bactéries, dont le poids total atteint près d'un kilogramme.

Les Infusoires sont surtout des Paramécies, des Vorticelles (fig. 302) et des Stentors (fig. 305) ; ces organismes attaquent les matières albuminoïdes à l'aide d'une pepsine qu'ils secrètent et les transforment en peptones ; des morceaux de viande déposés expérimentalement dans la panse y sont peu à peu peptonisés.

Les Bactéries sont extrêmement variées : ce sont les différents bacilles de la putréfaction ; le bacille de la cellulose (*bacillus amylobacter*), qui décompose la cellulose en acide butyrique, glucose et CO² ; le ferment lactique qui dédouble la glucose en acide lactique ; le ferment acétique (*mycoderma aceti*) qui transforme l'alcool en acide acétique, etc.

Tous ces organismes s'attaquent aux matières végétales qu'ils décomposent parfois profondément en donnant certains produits dont les uns sont déjà assimilables, tandis que d'autres plus simples sont mieux aptes à subir ultérieurement l'influence chimique des liquides digestifs.

C'est ainsi que les matières albuminoïdes sont partiellement transformées en peptones, tandis que les matières hydrocarbonées (amidon et cellulose) sont transformées partiellement en sucre : le sucre de maltose se trouve en effet en abondance dans la panse. Mais la

saccharification de l'amidon n'est pas le seul phénomène important ; la digestion des parois celluloseuses par le ferment butyrique (*b. amylobacter*) y est aussi particulièrement intense.

Ces différents produits se mélangent avec les parties non digérées et aussi avec de nombreuses autres substances provenant de fermentations diverses : CO^2 , C^2H^4 , H, Az, H^2S , acides acétique, butyrique, valérianique, produits de la putréfaction, etc.

Quant au bonnet, il reçoit, avons-nous dit, l'excédent des matières alimentaires qui déborde de la panse, et bien qu'il ne possède pas non plus de glandes digestives, les organismes microscopiques qui y pullulent déterminent des phénomènes chimiques identiques à ceux de la panse.

L'intestin est toujours différencié en *intestin grêle* et en *gros intestin*, mais la longueur de l'intestin grêle est très variable et est en rapport avec le régime alimentaire : les substances végétales étant d'une digestion plus difficile que la chair, l'intestin mesure de 20 à 30 fois la longueur du corps chez les Herbivores (mouton, bœuf, etc.), tandis que chez les carnassiers il n'a que trois à cinq fois cette longueur. Le cæcum du gros intestin atteint une longueur considérable chez les herbivores et surtout chez les Rongeurs.

Les *Monotrèmes*, intermédiaires entre les Mammifères et les Reptiles, sont pourvus d'un cloaque comme ces derniers.

Quant aux organes annexes du tube digestif, *glandes salivaires, foie et pancréas*, leur existence est générale chez tous les Mammifères. Rappelons seulement que les glandes salivaires sont nulles ou faiblement développées chez les Mammifères aquatiques. Le foie et le pancréas débouchent toujours simultanément dans la première partie de l'intestin grêle, excepté chez le lapin (fig. 268).

§ 3. **Dentition.** — Les dents forment à chaque mâchoire une rangée unique et sont implantées dans des cavités ou *alvéoles* creusées dans les os maxillaires ; il faut excepter les *Monotrèmes* (Echidné et Ornithorhynque) qui vivent en Australie, et qui se rapprochent beaucoup des Oiseaux parce qu'ils possèdent comme ces derniers un bec corné dépourvu de dents.

La plupart des Mammifères possèdent comme l'homme deux dentitions successives. Toutefois chez certains *Cétacés*, tels que les Dauphins et les Marsouins, la dentition de lait persiste pendant toute la vie ; les dents sont toutes de même forme et coniques ; ces animaux sont qualifiés pour cette raison d'*homodontes*.

Parmi les *homodontes* citons encore le *Cachalot* (cétacé) qui n'a de dents qu'à la mâchoire inférieure ; le *Narval*, autre cétacé, qui n'a que deux dents à la mâchoire supérieure et dont une seule se développe chez le mâle, où elle peut atteindre jusqu'à 2 mètres de longueur ; enfin les *Édentés*, tels que le Paresseux et le Tatou, qui ont toujours le devant des mâchoires dégarni et ne possèdent que des molaires toutes de même forme ; le *Fourmilier* est complètement édenté.

Chez les Baleines, qui sont également des Cétacés (fig. 535), les dents de lait ne font pas éruption et sont remplacées par des grandes lames cornées en forme de faux, appelées les *fanons*, qui sont fixées sur les maxillaires supérieurs. Ces fanons, au nombre de 300 à 350, atteignent cinq mètres de longueur chez les très grandes espèces.

Tous les autres Mammifères possèdent des dents différenciées en *incisives, canines* et *molaires* et méritent d'être qualifiés d'*hétérodontes* ; en général les incisives sont tranchantes, les canines sont coniques et servent

à déchirer, les molaires ont une couronne large pour servir au broyage.

Toutefois, ces dents présentent dans leur forme, leur nombre et leurs dimensions quelques caractères spéciaux qui sont en rapport avec le régime alimentaire, et l'on peut distinguer trois types principaux de dentitions : le type *carnassier*, le type *rongeur* et le type *ruminant*.

1^{er} Type : *Carnassier*. — Tous les carnassiers (chien, renard, tigre, etc.), possèdent trois sortes de dents destinées à découper et à broyer la chair crue

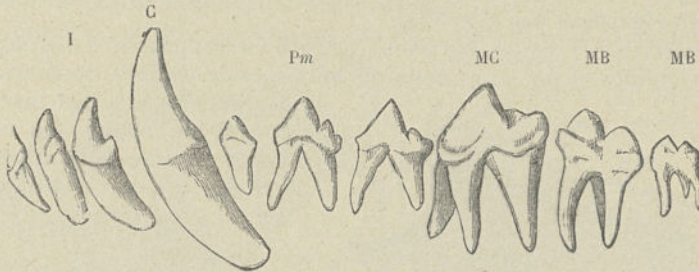


Fig. 513. — Dentition du chien d'Australie.

($\frac{1}{2}$ mâchoire inférieure.)

I, les trois incisives. — C, canine. — Pm, trois prémolaires *tranchantes*; MC, 1^{re} grosse molaire ou *carnassière* (tranchante et broyeuse); MB, MB', les deux dernières grosses molaires *broyeuses*. (Le chien ordinaire a une molaire de plus.)

dont ils se nourrissent. Les incisives sont petites et au nombre de six à chaque mâchoire; les canines sont extrêmement fortes, coniques et constituent les *crocs*; elles glissent de chaque côté l'une contre l'autre et servent à diviser la chair en lanières; les prémolaires, en nombre variable, possèdent une couronne très comprimée latéralement et pourvue de crêtes tranchantes capables de découper la chair; enfin les grosses molaires possèdent une couronne beaucoup plus large, parsemée de pointes ou *tubercules* destinées à broyer les aliments (fig. 513).

Parmi les molaires, il y en a toujours une dans chaque moitié de mâchoire qui est plus volumineuse que les autres et dont une partie de la couronne est tranchante, tandis que l'autre est armée de tubercules; cette dent à caractères mixtes c'est-à-dire à la fois tranchante et broyeuse, s'appelle la *carnassière*. Elle est toujours représentée par la *dernière prémolaire* à la mâchoire supérieure et la *première grosse molaire* à la mâchoire inférieure.

On divise les carnassiers en deux groupes d'après les dimensions de la tête.

1^o Les vrais Carnassiers, tels que le tigre, le lion, le chat (fig. 514), possèdent une tête arrondie, des mâchoires courtes et des molaires peu nombreuses. Leur formule dentaire est la suivante :

$$\frac{1}{2} \text{ mâchoire} : i \frac{3}{3}, c \frac{1}{1}, m \frac{4}{3}$$

La dernière molaire de chaque côté de la mâchoire est une *broyeuse* dont les tubercules sont peu accentués;

2^o Les autres carnassiers comme le chien, l'ours, le renard (fig. 513), ne se nourrissent pas exclusivement de chair; ils ont la tête allongée, et par suite des maxillaires plus développés qui donnent insertion à des molaires plus nombreuses; la formule dentaire du chien est la suivante :

$$\frac{1}{2} \text{ mâchoire} : i \frac{3}{3}, c \frac{1}{1}, m \frac{6}{7}$$

Les *broyeuses* sont représentées par les deux dernières molaires de la mâchoire supérieure et les trois dernières de la mâchoire inférieure.

Les Amphibiens (phoque, morse, otarie, etc.), sont des carnivores qui se sont adaptés à la vie marine et se nourrissent de poissons ; aussi possèdent-ils une dentition de carnassier ; celle du phoque est voisine de celle du chat. Chez les morses, les deux canines supérieures sont extrêmement développées et prolongées en défenses ; elles fournissent un ivoire estimé ; les canines inférieures n'existent pas (fig. 534).

Les *Insectivores* (taupe, hérisson) (fig. 515), se rapprochent des carnivores par leurs canines et par leurs molaires hérissées de pointes, destinées à per-

cer la carapace des Insectes. Il en est de même des *chauves-souris*, qui ne sont autre chose que des insectivores adaptés au vol.

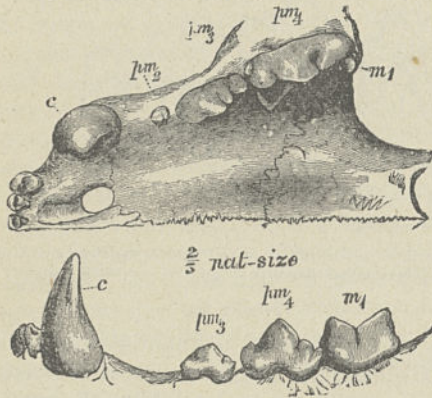


Fig. 514. — Dentition de léopard.

$\frac{1}{2}$ Mâchoire supérieure : trois incisives ; une canine *c* ; trois prémolaires *pm*₂, *pm*₃, *pm*₄, et une molaire *m*₁. — Mâchoire inférieure : une prémolaires de moins.

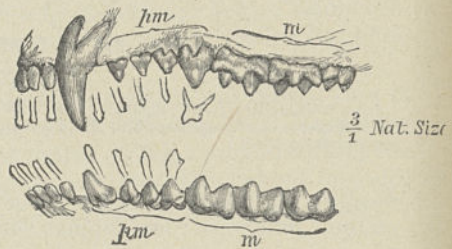


Fig. 515. — Dentition de la taupe.

pm, petites molaires. — *m*, molaires.

La mâchoire inférieure des Carnassiers ne se déplace que de bas en haut par suite de son mode d'articulation : les condyles du maxillaire inférieur sont en effet cylindriques et dirigés transversalement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe antéro-postérieur de la tête ; ils sont encastrés dans une gouttière également transversale, ce qui fait que la mâchoire inférieure ne peut que s'abaisser et se relever, déterminant des mouvements comparables à ceux d'une paire de ciseaux et bien faits pour permettre aux prémolaires de sectionner la chair en fragments.

2^e Type : *Rongeur* (fig. 516 et 517). — Les Rongeurs (lapin, rat, écureuil, castor, etc.), se nourrissent particulièrement de racines, de grains et de fruits qu'ils râpent avec leurs incisives et qu'ils broient avec leurs molaires ; les canines leur seraient inutiles et elles n'existent pas.

Les incisives ou *dents rongeurs* sont très longues, recourbées en arc et au nombre de deux à chaque mâchoire. Elles sont dépourvues d'émail à leur face postérieure, de sorte qu'en se frottant les unes contre les autres par leur bord libre, elles s'usent facilement et se taillent en biseau. Pour remédier à leur usure rapide, ces incisives poussent constamment par leur racine.

Lorsque ces animaux restent quelque temps sans avoir à ronger quelque substance dure, les incisives, qui ont continué à croître par leur base, se repoussent mutuellement par le bord de leur couronne et deviennent une

gène pour l'animal; c'est ce qui explique que les rats et les souris rongent parfois le bois et même les conduits en plomb. Si une incisive se brise accidentellement, l'opposée n'étant plus arrêtée dans son développement, s'allonge progressivement, peut percer la lèvre, empêcher la fermeture de la bouche et amener ainsi la mort de l'animal.

Chez les Lièvres et les Lapins, chaque incisive supérieure est accompagnée d'une autre incisive plus petite, placée en arrière et destinée au remplacement de la première quand elle vient à se briser.

Les molaires, dont le nombre est variable, trois chez le Rat, cinq chez le Lièvre par demi-mâchoire, sont très serrées les unes contre les autres et possèdent une

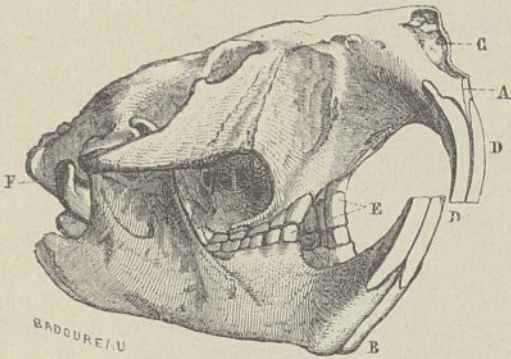


Fig. 516. — Tête de Rongeur (castor).
C, cavité nasale. — D, D, incisives. — E, molaires.
F, trou auditif.

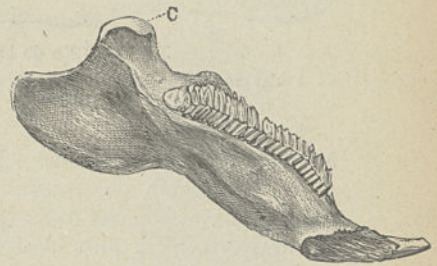


Fig. 517.
Mâchoire inférieure de Rongeur.
(Montre la râpe formée par les molaires).

couronne aplatie, sillonnée de *rubans transversaux d'émail*; leur ensemble rappelle exactement l'aspect d'une lime. Un large espace vide ou *barre* sépare les incisives des molaires. La formule dentaire est la suivante :

$$\frac{1}{2} \text{ mâchoire} : i \frac{1}{1}, c \frac{0}{0}, m \frac{3}{3} \text{ (rat)}, m \frac{5}{5} \text{ (lapin)}.$$

Ajoutons que les condyles de la mâchoire inférieure ont une forme ovale et sont *allongés d'avant en arrière*; ils sont encastrés dans une gouttière articulaire un peu plus longue qu'eux, ce qui fait que la mâchoire inférieure *peut se mouvoir librement d'avant en arrière*, tandis que les mouvements de haut en bas et les mouvements latéraux sont très peu étendus.

En se déplaçant d'avant en arrière, la mâchoire fonctionne absolument comme une râpe ou une lime, et les matières alimentaires sont triturées entre les plis transversaux d'émail.

3° Type : *Ruminants*. — Les Ruminants (bœuf, mouton, chèvre, etc.), sont des animaux herbivores qui avalent leur herbe sans la mastiquer, et la font ensuite revenir de l'estomac dans la bouche pour la mâcher soigneusement, en faisant effectuer à leur mâchoire inférieure des mouvements de droite à gauche.

L'herbe étant divisée naturellement en lanières, les *canines* sont inutiles et à leur place se trouve un grand espace vide (fig. 518). Mais il est cependant curieux de constater que les Ruminants qui manquent de cornes, tels que les Chameaux, les Chevrotins, les Lamas, etc., sont pourvus de

canines, comme si ces dernières étaient chargées de remplacer les organes de défense qui manquent (fig. 519 et 533).

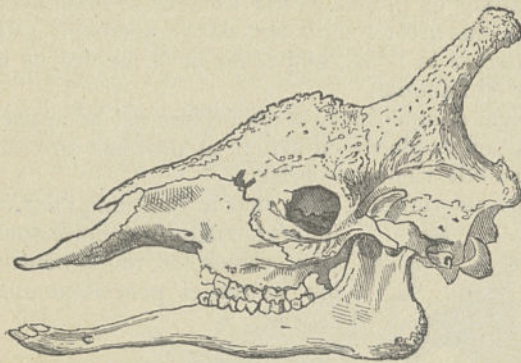


Fig. 518. — Tête de la girafe.

Prolongement de l'os frontal sur lequel est fixé la corne.
Pas de canines.

Les *incisives* manquent également à la mâchoire supérieure; sur le devant de la mâchoire inférieure, on en compte généralement huit tranchantes, rangées en demi-cercle. Pour couper l'herbe, l'animal la serre entre ses incisives et un bourrelet corné qui recouvre le devant de la mâchoire supérieure, puis il la brise en donnant un coup de tête.

Les molaires sont généralement au nombre de six

à chaque demi-mâchoire; leur couronne est plane et présente des plis d'émail en forme de croissants dirigés d'avant en arrière, entourant quatre îlots d'ivoire; ils sont toujours très saillants parce que l'ivoire qu'ils limitent se laisse détruire plus facilement par les acides des aliments.

La formule dentaire est donc la suivante :

$$\frac{1}{2} \text{ mâchoire de mouton : } i \frac{0}{4}, c \frac{0}{5}, m \frac{6}{6}$$

Les condyles de la mâchoire inférieure sont plats ou même légèrement concaves et s'appliquent sur une face plane ou convexe du crâne; il en résulte que la mâchoire inférieure peut effectuer des mouvements circulaires un peu comparables à ceux d'une meule, et l'herbe est écrasée entre les croissants d'émail qui s'engrènent, ceux de la mâchoire supérieure avec ceux du bas.

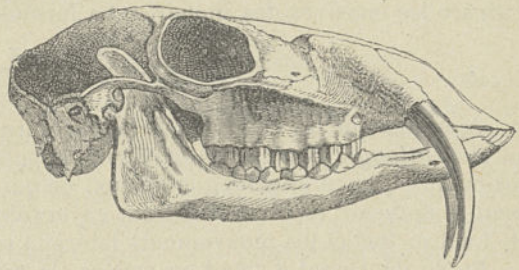


Fig. 519. — Tête de chevrotin.

Montre la disposition des condyles de la mâchoire chez les Ruminants pas de cornes et deux canines très allongées.

1^{re} Remarque. — Les Chevaux, qui sont aussi nettement des Herbivores, ont une dentition un peu différente de celle des Ruminants. Ils ont six incisives à chaque mâchoire; leur surface usée laisse à nu un anneau d'émail dont la forme est variable avec le degré d'usure et permet de déterminer l'âge jusqu'à huit ans environ. Les molaires sont planes et présentent à leur surface des replis d'émail. Entre les canines, toujours très petites, et les molaires, se trouve un intervalle ou *barre* où se place le mors.

2^e Remarque. — Les Mammifères qui restent en dehors des Carnassiers, des Rongeurs et des Herbivores, n'ont généralement pas un régime alimen-

taire aussi spécialisé et se nourrissent de tout; on les qualifie d'*Omnivores*, et leur dentition tient à la fois de plusieurs des types précédents.

Citons parmi eux : les *Porcins* à canines saillantes et à molaires mame-lonnées.

L'*Homme* qui rappelle d'une part les Carnassiers par ses canines pointues et ses condyles légèrement transversaux, et d'autre part les Herbivores par ses molaires planes et légèrement tuberculeuses.

Les grands Singes *anthropomorphes* (Gorille, Chimpanzé, etc.) ont la même dentition que l'homme; les petits Singes d'Amérique (Atèle, Sajous, etc.), possèdent quatre molaires de plus, ce qui porte le nombre de leurs dents à trente-six.

Enfin, les *Éléphants* ont une dentition tout à fait spéciale (fig. 520 et 521);

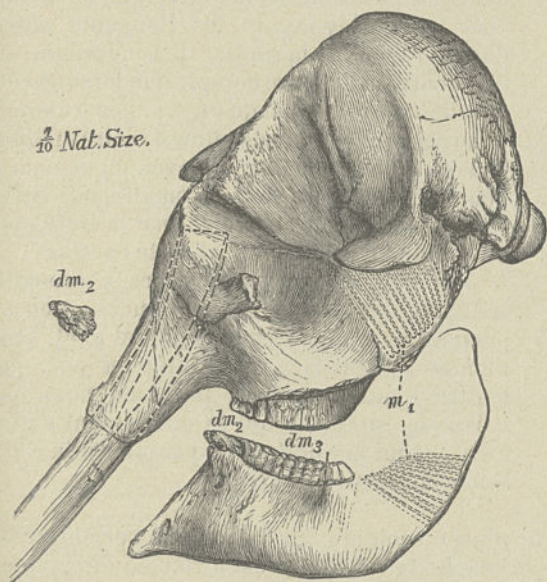


Fig. 520. — Crâne de l'éléphant de l'Inde.
dm₂, dm₃, molaires usées. — m₁, molaires en usage.



Fig. 521. — Molaires de l'éléphant d'Asie.
E, anneau d'émail. — C et D, Cément.

ils n'ont d'incisives qu'à la mâchoire supérieure et elles sont allongées en deux énormes défenses, pouvant atteindre 2 mètres de longueur, parce que leur croissance par la base est continue; celles des anciens Mam-mouths étaient encore plus longues.

Les canines manquent et il n'existe que quatre énormes molaires, une sur chaque moitié de la mâchoire; elles ont une couronne plane et très large, parcourue transversalement par des anneaux aplatis d'émail (E, fig. 521) qui entourent des îlots d'ivoire; le cément, au lieu de recouvrir seulement la racine, s'étend jusque sur la surface de la couronne et occupe les intervalles C et D compris entre les anneaux d'émail.

Ces dents s'usent assez vite et lorsque l'une d'elles est arrivée à une grande réduction et qu'elle ne peut plus servir, elle est remplacée par une seconde qui s'est développée peu à peu derrière elle. Ce remplacement peut ainsi

s'opérer six et même huit fois dans le cours de l'existence de l'animal, chaque nouvelle molaire ne se montrant que lorsque la précédente est usée.

3^e Remarque. — L'existence des cercles d'émail entourant des îlots d'ivoire à la surface des molaires des Herbivores, des Rongeurs, des Chevaux et des Éléphants s'explique de la façon suivante (fig. 522) :

Quand la molaire est encore jeune, elle présente toujours un certain nombre de tubercules émaillés, que le ciment vient ensuite recouvrir à peu près totalement au lieu de se localiser sur la racine ; ce ciment remplit même les intervalles qui séparent les tubercules (fig. 522).

A la surface de la pulpe, il continue en outre à se former pendant de longues années un ivoire secondaire qui tend à remplir la cavité de la dent. Or, la mastication active qui se produit chez les Herbivores et les Rongeurs amène l'usure rapide de la surface de la couronne et il est facile de se rendre compte que lorsque cette dernière sera usée jusqu'en *mn*, par exemple, sa surface présentera des îlots d'ivoire entourés chacun d'un cercle d'émail, avec du ciment en dehors de tous ces îlots. L'émail s'use moins vite que le ciment et l'ivoire par le frottement ou l'acidité des aliments, et reste en relief.

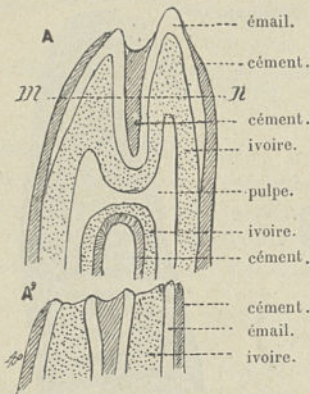


Fig. 522.

A, jeune molaire d'herbivore.
A', la même plus âgée et usée jusqu'en *mn*.

Pour compenser cette usure continue, les dents des Herbivores continuent à pousser pendant un temps très long ; à cet effet, leurs racines restent largement ouvertes pour permettre l'entrée dans la pulpe de nombreux vaisseaux sanguins qui la nourrissent activement, et lui permettent de présider à la *croissance continue* des dents.

§ 4. Squelette. — La tête repose toujours sur la colonne vertébrale par deux condyles occipitaux ; la mâchoire inférieure est articulée directement avec le crâne, sans l'intermédiaire d'un os carré comme chez les Reptiles, les Batraciens ou les Oiseaux.

La colonne vertébrale comprend, comme chez l'homme, des vertèbres *cervicales*, presque toujours au nombre de sept, des vertèbres *dorsales* qui portent les côtes, puis des vertèbres *lombaires*, *sacrées* et *coccygiennes* ; ces dernières d'autant plus nombreuses que la queue est plus longue.

Les membres ont le double rôle d'assurer la marche et de supporter le corps, qui ne s'appuie plus sur le sol par l'abdomen comme chez les Reptiles ; ils sont établis sur le même plan général que ceux de tous les autres Vertébrés, avec quelques particularités que nous allons exposer brièvement :

I. — La ceinture scapulaire conserve ses caractères primitifs chez les *Monotrèmes* (Echidné et Ornithorhynque), qui sont intermédiaires entre les Reptiles et les Mammifères ; chaque moitié de la ceinture est formée chez eux de trois pièces fondamentales, *omoplate*, *clavicule* et *coracoïde*, disposées comme chez les Oiseaux.

Chez tous les autres Mammifères, la ceinture scapulaire subit des modi-

fications plus ou moins profondes selon le mode de locomotion. En premier lieu, les *coracoïdes* éprouvent toujours une atrophie considérable et ne se présentent plus que comme une *simple apophyse de l'omoplate*; par contre, ce dernier os persiste toujours, s'élargit et prend même une crête (*acromion*) pour augmenter la surface d'insertion des muscles.

En second lieu, les *clavicules* prennent un grand développement chez les Mammifères qui exécutent des mouvements complexes (mouvements d'avant en arrière, de latéralité), c'est-à-dire chez ceux qui grimpent, qui volent ou qui fouissent, parce que leurs membres ont naturellement besoin d'être solidement fixés à la colonne vertébrale. Il en est ainsi chez les *Chauves-souris*, les *Rongeurs*, beaucoup de *Carnassiers*, les *Singes* et l'*Homme*.

Au contraire les clavicules ne sont plus que rudimentaires ou disparaissent même complètement chez ceux dont les membres n'exécutent guère que des mouvements d'oscillations analogues à ceux du pendule, comme ceux qui se produisent dans la *marche*, la *course* et la *natation*. La ceinture se trouve alors composée uniquement par les deux omoplates. Cela se présente en particulier chez les *Ongulés* et les *Cétacés*.

II. — La ceinture pelvienne ou bassin est toujours fermée en avant et constituée de deux moitiés symétriques comme celle de l'homme; les trois pièces de chaque moitié (*ilion*, *pubis* et *ischion*) sont toujours intimement soudées de façon à former un seul os très solide, l'*iliaque*, capable de supporter la partie mobile du membre.

Notons cependant que chez les *Marsupiaux* et les *Monotrèmes* (fig. 523), le bassin porte à sa partie antérieure deux longs prolongements fixés sur les pubis, les *os marsupiaux* (1), qui se dirigent obliquement en avant et soutiennent la *poche marsupiale*, dans laquelle les petits passent la première partie de leur existence, suspendus aux mamelles de la mère.

III. — Les extrémités des membres ne s'appuient pas également sur le sol chez tous les Mammifères et il y a trois cas à distinguer :

1° Les *plantigrades*, tels que l'Ours, etc., reposent sur le sol par toute l'étendue du pied ou de la main (carpe, métacarpe et doigts), et leur démarche est forcément lente à cause de la grande surface qu'ils ont à soulever de terre ;

2° Les *digitigrades*, tels que le Chat, le Chien et tous les autres Carnassiers, n'appuient sur le sol que par les phalanges des doigts ; tout le reste du pied ou de la main est relevé ; ce sont de meilleurs coureurs que les précédents. Le Lapin est digitigrade en avant et plantigrade en arrière ;

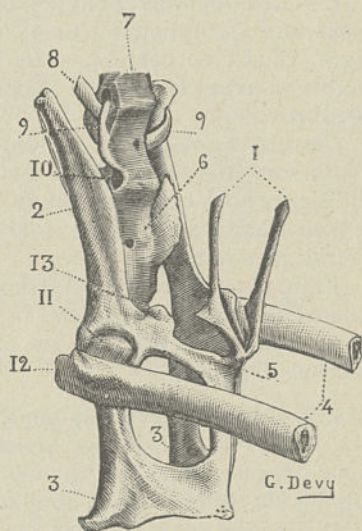


Fig. 523. — Bassin de Kangaroo.

1, os marsupiaux. — 2, iliaque. — 3, 3, ischion. — 4, 4, fémur. — 5, symphyse du pubis. — 6, sacrum. — 7, vertèbres lombaires.

3° Enfin les *onguligrades*, tels que le Cheval, qui ne s'appuient que sur la dernière phalange de chaque doigt et qui sont nettement spécialisés pour la course; la dernière phalange est enveloppée d'un étui corné, le *sabot*, et c'est cette enveloppe protectrice seule qui touche le sol.

Pour ce qui est de la conformation anatomique des extrémités de ces membres, elle varie énormément avec le mode de locomotion, et sous ce rapport on peut diviser les Mammifères en trois grands groupes : les Mammifères terrestres, les Mammifères nageurs et les Mammifères volants.

A. **Mammifères terrestres.** — Ces espèces se répartissent en deux grands groupes : les *Onguiculés* qui ont le dessus de la dernière phalange recouvert par un ongle ou une griffe, et les *Ongulés* qui ont la dernière phalange complètement enveloppée dans un étui corné ou *sabot*.

I. — Les *Onguiculés* ont le plus souvent cinq doigts, mais ce nombre peut descendre exceptionnellement à trois. Ainsi le Chien et les félins (Lion, Tigre, Chat), en ont cinq en avant et quatre en arrière, le Cochon d'Inde quatre en avant et trois en arrière, l'Âf (édenté) n'en a que trois à tous les membres.

Chez les *sauteurs*, comme le Kangaroo et la Gerboise, les membres postérieurs sont très longs; chez les *fouisseurs* comme la Taupe, les membres antérieurs sont courts et larges, armés de fortes griffes pour remuer le sol.

Les Chauves-souris se sont adaptées au vol; leurs membres seront décrits plus loin.

Enfin chez les Singes et l'Homme, le pouce des membres antérieurs est opposable aux autres doigts, ce qui est la caractéristique de la main, qui est ainsi capable de prendre les objets. Les Singes possèdent quatre mains pourvus d'ongles.

II. — Les *Ongulés* ou Mammifères à sabots se subdivisent en deux catégories : les *Artiodactyles* qui possèdent un nombre pair de doigts comme le Bœuf et le Mouton, et les *Périsso-dactyles* qui en possèdent un nombre impair, comme les Rhinocéros (3 doigts) et les Chevaux (un doigt).

1° *Ongulés artiodactyles.* — Ils comprennent les *Hippopotames* et les *Porcins* qui ont quatre doigts, puis les *Ruminants* (Bœuf, Mouton) qui n'en possèdent que deux.

a. L'*Hippopotame* possède quatre doigts sensiblement égaux s'appuyant tous les quatre sur le sol pendant la marche et se continuant par quatre métacarpiens ou quatre métatarsiens allongés (A, fig. 524).

Les *Porcins* (Porc, Sanglier, etc.) ont également quatre doigts (B, fig. 524); seulement les deux doigts du milieu III et IV seuls s'appuient sur le sol, tandis que les deux latéraux II et V sont moins longs, plus grêles et ne touchent pas la terre.

On croit que les Hippopotames et les Porcins dérivent d'animaux ayant vécu au tertiaire et possédant cinq doigts; on peut expliquer la disparition d'un doigt chez les descendants de ces anciennes formes pentadactyles par l'effort moindre qu'il aurait eu à faire pendant la marche : si l'animal à cinq doigts marchait de telle sorte que le poids de son corps portait également sur les doigts III et IV, à droite et à gauche de l'axe *mn* (fig. 525), on peut concevoir que ces doigts se soient maintenus ou aient même acquis plus de vigueur, tandis que les doigts les plus éloignés de l'axe *mn* se seraient

atrophiés progressivement dans la suite des générations à cause du travail moindre qu'ils auraient eu à produire. Le premier doigt ou doigt interne se trouvant le plus éloigné de l'axe, se serait atrophié le premier et aurait fini par disparaître complètement, ce qui a donné des formes *n'ayant plus que quatre doigts s'appuyant sur le sol*, mais dont les deux latéraux étaient un peu moins robustes que les autres. C'est ainsi qu'étaient organisés certains ancêtres des Porcins qui ont vécu à l'ère tertiaire et dont on a trouvé les restes

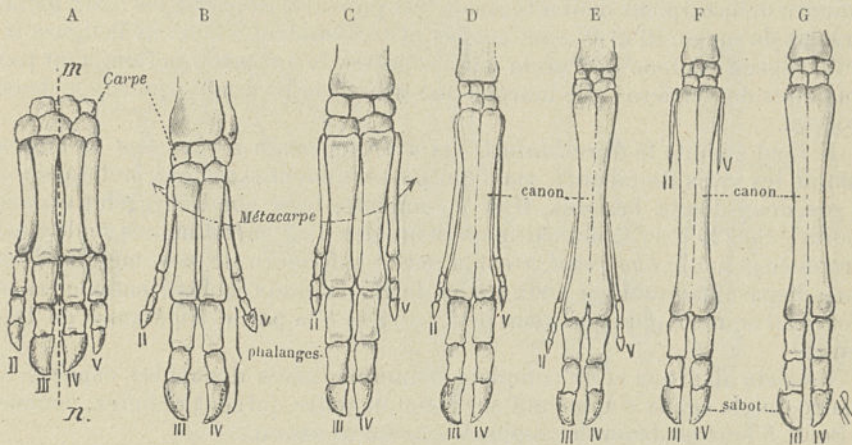


Fig. 524. — Membres des Mammifères artiodactyles

A, Hippopotame. — B, Porcins. — C, Hyæmoschus. — D, Chevrotain. — E, Cerf. — F, Mouton. — G, Bœuf.

dans le gypse de Paris. Il en est de même de l'*Hippopotame* actuel (A, fig. 524).

Chez les Porcins, les deux doigts latéraux II et V sont encore davantage raccourcis et ne portent plus sur le sol (B, fig. 498).

b. Les *Ruminants* (Bœuf, Mouton, Cerf, etc.) ont le pied fourchu, c'est-à-dire composé seulement de deux doigts III et IV également développés et s'appuyant tous les deux sur le sol (G, fig. 524) ; ces deux doigts se continuent non pas par deux métacarpiens distincts, mais par un seul os très fort, appelé l'*os canon*, qui provient de la *soudure des deux métacarpiens normaux*.

Les preuves que cette soudure s'est réellement opérée sont les suivantes :

1° L'os canon est parcouru d'un bout à l'autre sur sa face antérieure d'un sillon médian et très accusé, qui n'est pas autre chose que la trace de la fusion des deux métacarpiens ; cette fusion n'est même pas complète à l'extrémité inférieure, où les têtes des deux métacarpiens sont parfaitement distinctes ;

2° Les ancêtres des Ruminants qui vivaient au tertiaire, tels que le *Gelocus* des phosphorites du Quercy, le *Xiphodon* et l'*Anoplotherium* du gypse parisien, possédaient leurs deux métacarpiens séparés, ainsi que des rudiments de doigts latéraux.

3° Les Ruminants actuels ont leurs deux métacarpiens également distincts pendant la *vie embryonnaire* ; ce n'est que dans la suite du développement qu'ils se soudent l'un à l'autre. C'est un exemple de la loi d'*hérédité* d'après laquelle les animaux actuels possèdent temporairement, pendant la première période de leur formation, des caractères d'organisation propres à leurs

ancêtres des anciennes périodes géologiques, caractères qui se modifient ensuite plus ou moins profondément dans le cours du développement.

Il existe des Ruminants chez lesquels l'atrophie des doigts latéraux n'est pas aussi complète que chez le Bœuf. La figure 524 montre ces variations. Ainsi l'*Hyæmoschus* ou Cerf-Cochon (C), vivant actuellement dans l'Inde, a ses deux pattes de devant ressemblant tout à fait à celles du Porc, avec quatre doigts dont deux latéraux, II et V, sont plus courts que les autres et font suite à quatre métacarpiens distincts; mais aux pattes de derrière, les deux métatarsiens du milieu III et IV sont soudés et ressemblent à ceux de la figure D. Cette espèce est donc un Porcin par ses pattes de devant et un Ruminant par ses pattes de derrière; elle marque une transition bien nette entre les deux groupes.

Il vient ensuite le *Chevrotain* D qui a un os canon à tous ses membres comme les vrais Ruminants, mais qui possède encore ses deux métatarsiens et ses deux doigts latéraux, II et V complets, bien que très grêles et très courts; chez le *Cerf* E la partie supérieure des deux métatarsiens seule s'est atrophiée; chez le *Chevreuil*, c'est la partie inférieure de ces métatarsiens qui a disparu, laissant les deux petits doigts latéraux isolés; enfin chez le *Mouton* il ne reste plus que deux petits stylets à la partie supérieure de l'os canon.

Il existe ainsi une série complète d'intermédiaires depuis les espèces à quatre doigts égaux s'appuyant sur le sol et celles qui sont réduites, comme le Bœuf, à leur pied fourchu supporté par un os canon.

2° *Ongulés Périssodactyles*. — Les Ongulés à nombre impair de doigts ou *Périssodactyles* ne comprennent que trois groupes: les *Tapirs* qui ont trois doigts en arrière et quatre en avant; les *Rhinocéros* qui possèdent trois doigts à chaque pied et les *Chevaux* (*Equidés*) qui n'en possèdent qu'un seul.

Le pied du Cheval (fig. 525) se compose d'un *doigt unique*, à trois phalanges volumineuses qui se continuent par un os métatarsien très long, appelé encore l'*os canon*; il ne doit pas être confondu avec l'os canon des Ruminants, parce qu'il est formé d'une pièce unique qui représente le *troisième métatarsien* des espèces pentadactyles, tandis que celui des Ruminants provient, comme nous l'avons vu, de la fusion des troisième et quatrième métatarsiens. Ce métatarsien unique est accompagné de deux stylets très allongés, qui représentent les rudiments de deux os métatarsiens latéraux en voie d'atrophie.

Remarquer que la grande longueur de l'os canon des Chevaux et des Ruminants, fait que le talon de ces animaux est remonté très haut, à 50 centimètres environ du sol.

De même que les Artiodactyles, les Périssodactyles sont regardés comme les descendants d'anciennes espèces à cinq doigts, qui ont vécu au début de l'ère tertiaire, telles que le *Coryphodon* qui devait être une espèce de tapir (A, fig. 525). Certaines formes issues de ces espèces à cinq doigts s'appuyant sans doute sur le doigt du milieu III pendant la marche, suivant l'axe *m'n'* (fig. 525), ce doigt médian III s'est développé davantage, tandis que les doigts latéraux supportant un effort moindre se sont atrophiés progressivement dans la suite des générations. Ce sont d'abord les deux doigts extrêmes, le premier et le cinquième, qui ont dû se réduire peu à peu et finir par disparaître; puis le troisième et le quatrième, qui supportaient un effort

un peu plus grand que les précédents, se sont atrophiés à leur tour, conduisant ainsi à des formes monodactyles.

Cette réduction des membres n'est pas hypothétique, car on a trouvé dans les anciens terrains du tertiaire toute une série de Mammifères chez lesquels elle se présente avec la plus grande netteté (fig. 525).

Ainsi en Europe, le *Phenacodus* et le *Coryphodon* à cinq doigts (A, fig. 525)

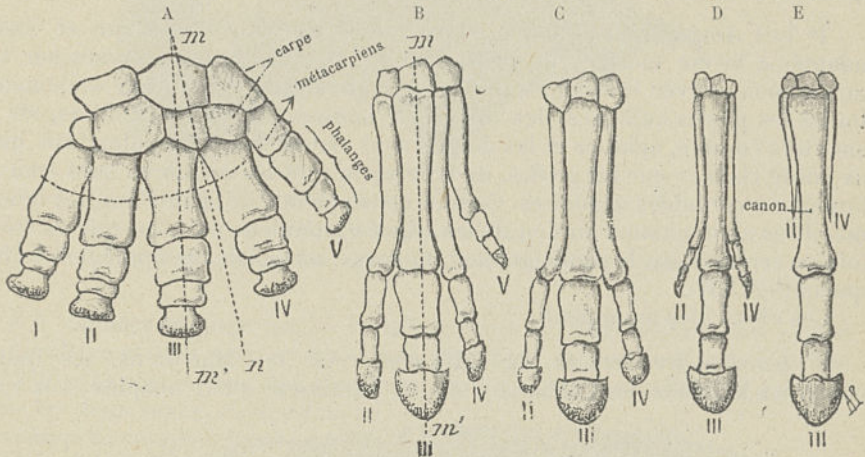


Fig. 525. — Membres des Mammifères périssodactyles.

A, *Coryphodon* et *Eléphant*. — B, *Hyrachthérium*. — C, *Palæothérium* de l'éocène et *Rhinocéros* actuel. D, *Hipparion* du pliocène. — E, *cheval* actuel.

ont été suivis de l'*Hyrachtherium* B, de la taille du Renard, qui possédait trois doigts et le rudiment d'un quatrième ; puis par le *Palæothérium* C, espèce de Tapir trouvé dans le gypse parisien, qui ne possédait plus que trois doigts s'appuyant également sur le sol ; un peu plus tard est venu l'*Hipparion* D, l'ancêtre direct de nos chevaux actuels, qui possédait encore trois doigts, mais dont les deux latéraux étaient grêles, courts et ne touchaient plus la terre ; et enfin le *Cheval* actuel, chez lequel ces deux doigts latéraux sont encore plus atrophiés et réduits à deux métatarsiens très grêles, avec un énorme doigt médian sur lequel repose tout le corps.

A l'heure actuelle, les paléontologistes ne regardent plus le *Palæotherium* l'*Hipparion* et le *Cheval* comme appartenant à une même lignée ; les deux premières de ces formes représenteraient deux rameaux distincts ayant évolué séparément ; le rameau du *Palæothérium* se serait éteint de bonne heure au tertiaire, tandis que le rameau de l'*Hipparion* d'après certains auteurs se serait perpétué par le *Cheval* actuel ; quelques paléontologistes considèrent également l'*Hipparion* comme une branche latérale qui se serait éteinte de bonne heure.

La série des anciens chevaux d'Amérique est plus complète que celle d'Europe ; elle contient tous les stades intermédiaires possibles, depuis la forme pentadactyle jusqu'à la forme monodactyle pareille à l'*Hipparion* européen ; on en a décrit douze formes qui seraient dérivées les unes des autres et qui montrent bien clairement leur évolution progressive. Leur taille variait de celle du Mouton à celle de l'Ane. Il est probable que les espèces européennes provenaient d'Amérique d'où elles avaient émigré par le

Kamtschatka, alors émergé et relié à la Sibérie; par contre le Cheval actuel n'existait plus en Amérique au moment de la conquête par les Espagnols, qui l'y ont introduit de nouveau.

B. Mammifères nageurs. — Ils comprennent deux ordres, les *Pinnipèdes* ou *Amphibiens* et les *Cétacés*.

1° Les *Amphibiens* (Phoque, Morse) sont des Carnivores qui se sont adaptés à la vie marine; ils possèdent quatre membres organisés sur le même plan et avec les mêmes parties que les autres Vertébrés; seulement toutes les pièces osseuses des membres, humérus, radius et cubitus, etc., sont très courtes, aplaties et les doigts sont réunis par une palmature qui ne laisse visibles que les griffes, de telle sorte que les membres sont transformés en véritables nageoires. Comme conséquence de la natation, les deux membres abdominaux, au lieu d'être placés latéralement, sont rejetés très loin en arrière dans le prolongement du corps, au voisinage immédiat de la queue (fig. 534).

Les clavicules manquent.

2° L'ordre des *Cétacés* (fig. 526) comprend les Marsouins, les Dauphins, les Baleines, les Cachalots, etc. Ils paraissent s'être adaptés à la vie

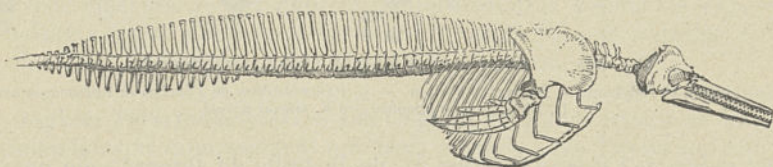


Fig. 526. — Squelette de Dauphin.

aquatique bien antérieurement aux Amphibiens, car leur corps est davantage *pisciforme* et leurs membres postérieurs ont complètement disparu, sauf deux petits osselets qui sont les derniers vestiges du bassin.

Ils ne possèdent plus que leurs deux membres antérieurs avec des os plats et courts comme ceux des Amphibiens, mais où les doigts sont dépourvus de griffes et sont complètement enveloppés par une massé musculuse qui se termine en pointe; en d'autres termes, ces membres sont encore mieux différenciés en nageoires que ceux des Phoques et des Morses.

Les clavicules manquent comme chez ces derniers. La nageoire caudale que possèdent ces animaux est un simple prolongement de la peau, sans squelette; il en est de même de la nageoire dorsale qui existe chez quelques espèces.

C. Mammifères volants. — Les Chauves-souris (fig. 527) qui constituent l'ordre des *Cheiroptères*, sont des Insectivores qui se sont adaptés au vol par une transformation particulière de leurs membres antérieurs. A cet effet, les os du bras et de l'avant-bras, ainsi que les phalanges, se sont très allongés, surtout les phalanges, et soutiennent un repli mince de la peau qui représente l'organe essentiel du vol. Seul le pouce reste court et fort, avec une griffe que l'animal utilise pour s'accrocher.

Ces ailes développant un grand effort pendant le vol, ont naturellement besoin d'être bien soutenues et c'est pourquoi il existe deux clavicules et

deux omoplates très fortes relativement à la taille de l'animal. Les pattes postérieures ne sont pas allongées et se terminent par cinq doigts armés de griffes.

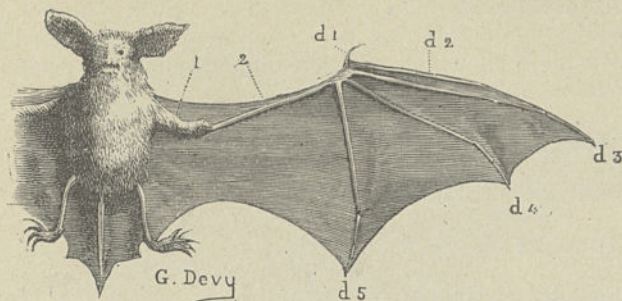


Fig. 527. — Chauve-souris.

1, bras. — 2, avant-bras. — d_1 , pouce. — d_2 à d_5 , les autres doigts.

§ 5. **Glandes mammaires.** — Le lait qui sert à l'alimentation des jeunes mammifères et dont nous avons donné plus haut la composition chimique (p. 220), est sécrété par des glandes mammaires ou mamelles qui existent dans les deux sexes, mais qui ne se développent complètement que chez les femelles. Les Monotrèmes seuls en sont dépourvus.

Leur nombre est en rapport avec le nombre moyen des petits d'une même portée : deux chez l'Homme, le Singe, le Cheval, l'Éléphant, les Cétacés ; quatre chez le Lion, la Panthère et la Vache ; six chez l'Ours ; huit chez le Chat ; dix chez le Lapin, le Chien et le Porc. Elles sont disposées sur deux rangées parallèles ; elles sont *thoraciques* chez l'homme, le singe, la chauve-souris, l'éléphant, etc. ; elles sont *abdominales* chez la plupart des quadrupèdes. Chez les Marsupiaux il y en a de huit à quatorze situés au fond de la poche marsupiale.

Une mamelle se compose de 15 à 20 glandes en grappe (femme), possédant chacune de très nombreuses ramifications et un canal excréteur commun ou *canal galactophore* qui va s'ouvrir séparément avec les autres au sommet d'un mamelon. Un tissu conjonctif adipeux réunit toutes ces glandes.

Le lait se compose essentiellement d'un *liquide séreux* tenant en suspension des *globules de graisse* très fins et très nombreux (1 million environ par millimètre cube) ; c'est, en d'autres termes, une émulsion naturelle.

Ces globules prennent naissance dans le protoplasme des cellules

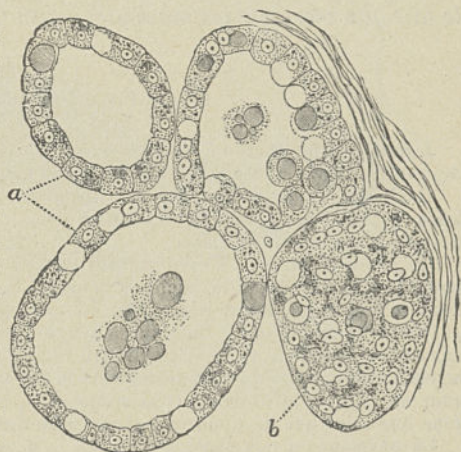


Fig. 527 bis. — Coupe transversale d'une glande mammaire de chatte (d'après KLEIN).

a, cellules épithéliales sécrétrices dont quelques-unes renferment un globule graisseux. — *b*, cul-de-sac coupé tangentiellement ; deux des alvéoles renferment des globules graisseux qui sont sortis des cellules.

glandulaires *a* (fig. 527 bis); d'après certains auteurs, ces cellules une fois remplies de gouttelettes graisseuses éclateraient dans la lumière de la glande et disparaîtraient ainsi complètement; pour d'autres auteurs, la cellule sécrétrice ne disparaîtrait pas entièrement; une fois gonflée, elle laisserait simplement éclater son contenu adipeux, puis se cicatriserait pour procéder ensuite à une nouvelle sécrétion.

§ 6. Circulation (voir p. 332).

§ 7. Système nerveux (voir p. 133).

§ 8. Œil et oreille (voir p. 189 et 209).

§ 9. Résumé des caractères des Mammifères. — *Ce sont des Vertébrés généralement terrestres, à sang chaud et dont le corps est protégé par des poils. — Le crâne est complètement ossifié et est articulé par deux condyles occipitaux; la mâchoire intérieure est articulée directement avec le crâne sans l'intermédiaire d'un os carré. — Quatre membres généralement disposés pour la locomotion terrestre. — Respiration pulmonaire. — Circulation double et complète. — Hémisphères cérébraux très développés et réunis par un corps calleux. — Vivipares; les petits sont nourris à leur naissance par le lait que sécrètent les mamelles, d'où leur nom de Mammifères.*

CLASSIFICATION DES MAMMIFÈRES

L'embryon des Mammifères diffère de celui de tous les autres Vertébrés parce qu'il se développe dans l'intérieur d'une poche spéciale la mère.

Il est enveloppé d'un *amnios* et d'une *allantoïde* comme chez les Reptiles et les Oiseaux, mais de plus il est accompagné d'une autre formation tout à fait spéciale, le *placenta*, destiné à assurer sa nutrition.

Ce placenta est formé, comme nous l'avons déjà exposé (p. 556), par une partie de l'allantoïde qui s'accole intimement à la paroi interne de la poche maternelle et y pousse des excroissances. A cet endroit, il se constitue ainsi une membrane charnue et épaisse par laquelle l'embryon est attaché à l'organisme maternel; elle est extrêmement riche en vaisseaux sanguins qui se continuent dans l'intérieur de l'embryon; le sang de l'organisme maternel *passé par endosmose* dans ces vaisseaux, et se rend de là dans l'embryon pour en assurer la nutrition et la respiration, car cet embryon ne reçoit pas d'autre oxygène que celui qui lui apporte le sang maternel.

La naissance a lieu seulement après le développement complet des organes, alors que le jeune a déjà atteint une assez grande taille.

Toutefois, le placenta manque chez deux groupes de Mammifères inférieurs, les Monotrèmes et les Marsupiaux; de sorte que l'on divisera la classe des Mammifères tout d'abord en deux groupes, les *Implacentaires* et les *Placentaires*.

I. — MAMMIFÈRES IMPLACENTAIRES

Ce sont ceux dont l'organisation est la plus simple; ils comprennent deux ordres, les *Monotrèmes* et les *Marsupiaux*.

1^{er} ORDRE. — Monotrèmes.

Il comprend deux genres australiens: l'*Echidné* (fig. 528) qui a le museau allongé en trompe pour fouir, et dont le corps est couvert de piquants; l'*Ornithorhynque* (fig. 529) qui a le bec aplati comme celui du canard, des pattes palmées et mène une vie aquatique.

Ils marquent le passage entre les Mammifères et les Reptiles 1° par leurs conduits urinaires qui s'ouvrent dans un cloaque ; 2° par leur ceinture scapulaire complète (omoplate, clavicule et coracoïde) ; 3° par leur mode de reproduction, car ils pondent des œufs ; 4° ils tiennent des Oiseaux par leur bec corné et dépourvu de dents.



Fig. — 528. — Echidné.

Enfin ils possèdent des *os marsupiaux* ainsi qu'une poche marsupiale rudimentaire (voir p. 611). Ils couvent leurs œufs qui ont à peu près un centimètre et demi ; quand les



Fig. 529. — Ornithorhynque.

petits sont éclos, ils les abritent momentanément dans leur poche marsupiale, où sont placées les mamelles.

2° ORDRE. — Marsupiaux.

Caractérisés par *deux os marsupiaux* fixés au bassin et soutenant une poche spéciale, la *poche marsupiale*, dans laquelle s'abritent les jeunes. A leur naissance, ils sont très incomplètement développés : chez un Marsupial de la taille d'un chat, ils ne dépassent pas la grosseur d'un haricot. La mère les dépose avec ses lèvres dans l'intérieur de sa poche marsupiale où ils achèvent de se développer, en se tenant suspendus chacun à une mamelle (fig. 523).

Tous sont cantonnés en Australie, excepté la Sarigue qui vit en Amérique.

Leur dentition est en rapport avec le régime alimentaire, qui est lui-même très varié. On distingue : 1° les *Herbivores*, tels que le *Kangaroo* qui possède des membres postérieurs beaucoup plus grands que les antérieurs et qui se déplace en sautant ; le *Pétauriste* qui est pourvu entre les membres d'une expansion charnue qui lui sert de parachute ; le *Phalangiste* qui ressemble à l'Écureuil et est un grimpeur comme le précédent ; 2° les *Carnas-*

siers qui ont l'allure de nos loups, de nos renards, etc., et qui ont la même dentition que ces derniers, mais en différent par leur poche marsupiale (Thylacine ou Loup zébré); 3° les *Rongeurs* (Phascolome) qui sont dépourvus de canines comme les Rongeurs de nos pays; 4° les *Insectivores* (Sarigue de l'Amérique).

II. — MAMMIFÈRES PLACENTAIRES

On peut les diviser en quatre sections d'après la conformation des membres : 1° ceux dont les extrémités des membres sont différenciées pour la préhension, c'est-à-dire sont transformées en *mains*; 2° ceux dont les extrémités servent seulement à la marche ou au vol et sont terminées par des griffes (*onguiculés*); 3° ceux dont les extrémités servent seulement à la marche et sont terminées par des sabots (*ongulés*); 4° ceux dont les extrémités sont transformées en nageoires.

I. Section des Mammifères pourvus de mains. — Cette section comprend trois ordres, les *Hominiens*, les *Singes ou Primates* et les *Lémuriens*.

1^{er} ORDRE. — Hominiens.

Ne comprend absolument que l'espèce humaine, caractérisée par son développement intellectuel, le langage articulé et ses extrémités antérieures différenciées en *mains*.

On l'appelle encore l'ordre des *Bimanes*.

2^e ORDRE. — Singes ou Primates.

Les quatre membres ont leurs extrémités différenciées en mains, ce qui les fait encore appeler les *quadrumanes* : deux mamelles pectorales.

On distingue : 1° les grands singes d'Afrique, qui se rapprochent le plus de l'homme et que l'on appelle pour cela les *anthropomorphes*; ils sont dépourvus de queue et possèdent la même dentition que nous (Gorille, Chimpanzé et Orang-Outang);

2° Les singes du nouveau continent, qui sont de plus petite taille, possèdent souvent une queue prenante et sont pourvus de 36 dents au lieu de 32, savoir :

$$\frac{1}{2} \text{ mâchoire : } i \frac{2}{2}, c \frac{1}{1}, m \frac{6}{6}.$$

3^e ORDRE. — Lémuriens.

Animaux localisés à Madagascar; possèdent quatre mains comme les précédents, mais s'éloignent des singes par leur dentition d'insectivores (les molaires portent des tubercules pointus) et la présence d'une griffe au deuxième doigt de chaque membre postérieur; les autres doigts ont des ongles. Leur allure générale est celle des singes avec une face large, velue et une queue jamais prenante. Citons : l'*Aye-Aye* qui ressemble à un gros écureuil; le *Lémur* ou *Maki* qui a un museau allongé de renard, et le *Galéopithèque* qui possède un prolongement charnu s'étendant de chaque côté, entre les membres et la queue et faisant l'office de parachute.

Les animaux des trois ordres dont nous venons de parler ont leurs doigts pourvus d'ongles ou de griffes et méritent par conséquent d'être aussi qualifiés de *mammifères onguiculés*.

II. Section des mammifères onguiculés dépourvus de mains et organisés pour la marche ou le vol. — Cette section comprend cinq ordres qui sont :

1^{er} ORDRE. — Rongeurs.

Rat, Lapin, Lièvre, Cochon d'Inde, Porc-épic, Castor, Ecureuil, Marmotte, etc.; mammifères onguiculés dépourvus de canines; incisives à croissance continue, molaires avec replis d'émail transversaux fonctionnant à la façon d'une râpe.

Formule dentaire du Lapin $i \frac{1}{1}, c \frac{0}{0}, m \frac{5}{5}$ (fig. 516 et fig. 517).

Le nombre des molaires est variable chez les différents groupes.

2^e ORDRE. — Insectivores.

Ne comprend guère que trois genres : la Taupe, la Musaraigne et le Hérisson. La dentition est complète : les molaires portent des pointes ou tubercules pour percer la carapace des insectes (fig. 515.)

Sont plantigrades et possèdent cinq doigts armés de griffes. Hibernants. L'Australie et l'Amérique du Sud n'en possèdent pas.

Formule dentaire de la Taupe : $i \frac{3}{4}$, $c \frac{1}{1}$, $m \frac{7}{6}$.

3^e ORDRE. — Carnivores.

Caractérisés par leur dentition complète, leurs canines très développées, leurs molaires comprimées latéralement et tranchantes pour couper la chair.

Digitigrades ou plantigrades, avec cinq doigts ; griffes souvent rétractiles.

On distingue : 1^o les *Viverridés* (*Viverra* ou Civette, Genette) qui habitent l'Afrique et sont très sanguinaires ; — 2^o les *Vermiformes*, au corps élancé et également très sanguinaires (Putois, Marte, Loutre) ; — 3^o les *Félins* (Lion, Tigre, Lynx, Chat) à tête ronde avec une trentaine de dents ; digitigrades, cinq doigts en avant et quatre en arrière, tous armés de griffes recourbées et rétractiles ; langue couverte de papilles cornées très dures. Tous grimpeurs excepté le Lion ; — 4^o les *Canidés* (Chien, Loup, Chacal, Renard) avec une tête allongée portant 40 ou 42 dents (fig. 513), 5 doigts en avant et 4 en arrière, griffes non rétractiles ; — 5^o les *Hyènes*, digitigrades, 4 doigts en avant et 4 en arrière ; — 6^o les *Ursidés* (Ours) à 5 doigts en avant et en arrière, plantigrades, griffes non rétractiles. Dentition d'omnivore.

4^e ORDRE. — Cheiroptères.

Chauves-souris. Les membres antérieurs sont très allongés et soutiennent des ailes membraneuses (fig. 527).

On distingue les chauves-souris *insectivores* (Oreillard), celles qui sont *frugivores* (Rousette de l'Inde) et les *Carnassières* (Vampire).

Toutes sont nocturnes et hibernantes.

5^e ORDRE. — Edentés.

Ce sont des animaux qui vivent pour la plupart dans l'Amérique du Sud. Il n'y a que les incisives qui leur fassent toujours défaut, de sorte que le qualificatif d'édentés ne con-



C D e v y

Fig. 530. — Crâne du Fourmilier.

vient pas à tous d'une manière absolue. Il s'applique exactement au *Fourmilier tamanoir* (fig. 530) et au *Pangolin* (fig. 531) ; le premier a une tête très allongée, avec une langue effilée et visqueuse qu'il lance au dehors pour attraper les fourmis, qui restent accolées à sa surface. Le *Pangolin* possède une langue filiforme comme le précédent et son corps est couvert d'écailles imbriquées ; il s'enroule en boule quand il se croit menacé.

Les *Tatous*, caractérisés par leur cuirasse osseuse dermique formée de bandes transversales, possèdent de nombreuses molaires prismatiques et se roulent également en boule. Une espèce géante atteint un mètre et possède une centaine de molaires.

Les *Paresseux*, qui ont une tête ronde semblable à celle des singes. Pattes longues et grêles, terminées par trois doigts avec de grandes griffes qui leur permettent de se tenir

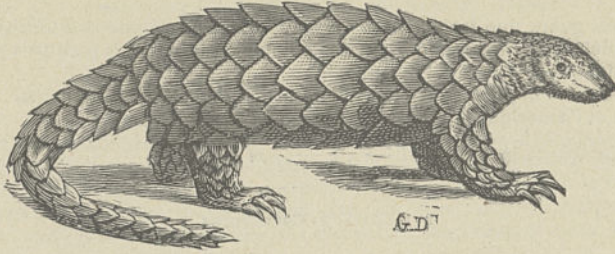


Fig. 531. — Pangolin.

suspendus aux arbres. Herbivores et ne possèdent que des molaires cylindriques, quelquefois des canines.

Les dents des Édentés sont dépourvues d'émail.

III. Section des mammifères ongulés. — Ce sont ceux dont la dernière phalange de chaque doigt est enveloppée dans un étui corné ou *sabot* par lequel l'animal se pose sur le sol.

On les divise en Ongulés à nombre de doigts pairs ou *artiodactyles*, comprenant les *Porcins*, les *Hippopotames* et les *Ruminants* ; et en *Ongulés* à nombre impair de doigts ou *périsodactyles* qui comprennent également trois ordres : les *Proboscidiens* ou *Eléphants*, les *Rhinocéros* et les *Équidés* que l'on appelle encore les *Jumentés* ou *Chevaux*.

A. — ARTIODACTYLES

1^{er} ORDRE. — Porcins.

Porc, Sanglier, Babiroussa. Quatre doigts dont les deux latéraux plus courts et ne s'ap-

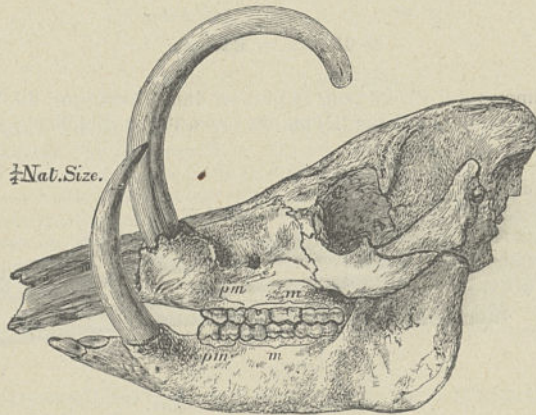


Fig. 532. — Crâne du Babiroussa.

Porc des îles Moluques avec quatre canines très allongées en défenses.

puyant pas sur le sol (B, fig. 524). Dentition complète d'omnivores ; canines proéminentes, molaires nombreuses et mamelonnées. Estomac souvent composé, mais ne ruminent pas.

2^e ORDRE. — Hippopotamidés.

Ne renferme que l'Hippopotame, animal herbivore qui vit dans les fleuves et les lacs

de l'Afrique. Atteint jusqu'à 3.000 kilogrammes. Peau nue et très dure (Pachyderme). Possède quatre doigts s'appuyant tous sur le sol (A, fig. 524).

3^e ORDRE. — Ruminants.

Ne possèdent que deux doigts qui s'appuient tous les deux sur le sol, avec des rudiments de deux autres doigts cachés généralement par la peau. Les deux doigts se contiennent par l'os canon (fig. 523). Le radius et le cubitus sont fréquemment soudés.

La dentition est incomplète (p. 607) : pas d'incisives à la mâchoire supérieure, absence

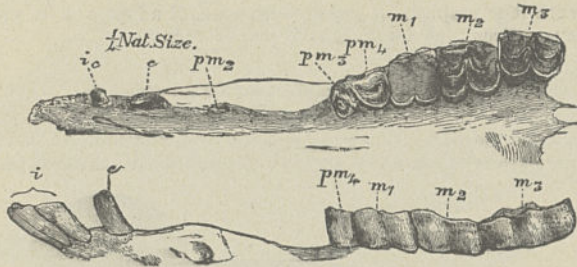


Fig. 533. — Dentition du Chameau.

Dépourvu de cornes et possède des canines c, c. — i, incisives. — pm, prémolaires. — m, molaires.

totale de canines, excepté chez les espèces sans cornes (fig. 518 et 519). Les molaires portent des croissants d'émail. L'estomac est composé de quatre poches (fig. 512).

On distingue : 1^o les *Cavicornes* (Antilope, Bœuf, Brebis, Chèvre) qui ont des cornes creuses et persistantes; elles sont insérées sur une saillie de l'os frontal; — 2^o les *Cervidés* (Cerf, Chevreuil, Renne) dont le mâle porte des cornes pleines et caduques, appelées des *bois*, engendrées par le derme; elles tombent chaque année et sont remplacées par d'autres plus ramifiées. La femelle du Renne en porte également. Les Cervidés ont deux doigts latéraux rudimentaires avec petits sabots visibles (E, fig. 524); — 3^o les *Girafidés* (Girafe de l'Afrique), cornes petites et persistantes, couvertes par une peau velue; le plus grand mammifère terrestre actuel; atteint 6 mètres de hauteur (fig. 518); — 4^o les *Caméliens* (Chameau d'Asie avec deux bosses grasses, Dromadaire d'Afrique avec une bosse, Lama ou chameau d'Amérique, Vigogne et Alpaca également d'Amérique). Possèdent deux incisives à la mâchoire supérieure et des canines, mais en revanche sont dépourvus de cornes (fig. 533). Estomac formé seulement de trois poches, le feuillet étant absent. Les pieds ont deux doigts, mais les sabots sont remplacés par une large semelle qui réunit ces deux doigts.

B. — PÉRISODACTYLES

Ce groupe comprend, avons-nous dit, trois ordres différents : les *Proboscidiens*, les *Rhinocéridés* et les *Équidés*.

1^{er} ORDRE. — Proboscidiens ou Éléphants.

Caractérisés par une longue trompe parcourue par les narines. Cinq doigts terminés par cinq sabots s'appuyant sur le sol (A, fig. 525). Dentition incomplète. Pas de canines, les deux incisives supérieures allongées en défenses; les molaires sont énormes et en nombre variable (fig. 520).

Deux espèces : l'*Éléphant d'Asie* avec des petites oreilles et des molaires à bandes d'émail transversales et parallèles (fig. 521); l'*Éléphant d'Afrique* avec des grandes oreilles et des bandes d'émail losangiques à la surface de ses molaires.

2^e ORDRE. — Rhinocéridés.

Ne renferme que les Rhinocéros. Possèdent trois doigts avec sabots. Le Rhinocéros de l'Inde a une corne épidermique sur le nez, celui d'Afrique en a deux.

3^e ORDRE. — Equidés ou Chevaux.

Les membres sont terminés chacun par un seul doigt qui s'appuie seul sur le sol et qui se continue par un métatarsien ou un métacarpien (os canon) (E, fig. 523). Le cubitus et le péroné sont atrophiés; herbivores.

Les Tapirs sont intermédiaires entre les Rhinocéros et les Chevaux. Ils ont quatre doigts en avant et trois en arrière; la tête est allongée et munie d'une trompe.

IV. Section des mammifères nageurs ou pisciformes. — Ce sont des Mammifères qui tout en conservant leur respiration pulmonaire se sont adaptés à la vie aquatique. Ils comprennent deux ordres: les *Amphibiens* et les *Cétacés*.

1^{er} ORDRE. — Amphibiens ou Pinnipèdes.

Phoques et Morses. Ce sont des carnivores qui se sont adaptés à la vie aquatique, qui se nourrissent de poissons et qui ont conservé leur dentition de carnivores. Celle du Phoque

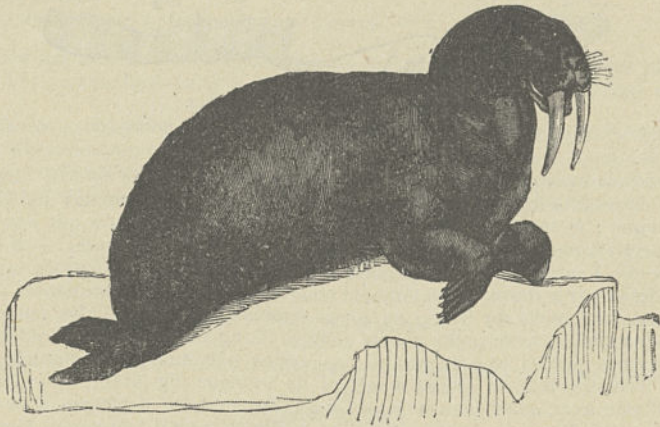


Fig. 534. — Morse.

Avec ses deux canines supérieures allongées en défenses.

ressemble à celle du Chat. Les membres sont au nombre de quatre, à pièces larges et courtes pour servir de nageoires; les doigts sont réunis par une palmature et ne laissent de visibles que les griffes. Les membres postérieurs sont dirigés en arrière, parallèlement à l'axe du corps.

Chez les Morses (fig. 534) les canines supérieures allongées en défenses et donnent un ivoire estimé. Formule dentaire $i \frac{1}{0}, c \frac{1}{1}, m \frac{3}{3}$.

Les narines sont placées comme chez les Mammifères terrestres.

2^e ORDRE. — Cétacés.

Baleine, Dauphin, Marsouin, Cachalot. — Ne possèdent plus que les membres antérieurs qui sont raccourcis en forme de nageoires triangulaires, et dont les doigts sont complètement enfouis dans la chair, sans traces de griffes. Les doigts sont au nombre de 4 ou 5 avec un grand nombre de phalanges. Les membres postérieurs ne sont représentés que par deux petits osselets (ischions) qui sont les restes du bassin. Le sternum est rudimentaire. La queue se termine par un prolongement cutané en forme de nageoire; quelquefois il existe également une nageoire dorsale, mais le squelette interne y fait toujours défaut (fig. 526).

Le corps, allongé comme celui des poissons, est dépourvu de poils, au moins à l'état adulte.

Les Cétacés n'ont qu'une seule dentition et toutes leurs dents se ressemblent (*homodontes*) ; elles sont coniques.

Les *Dauphins* et les *Marsouins* ont des dents aux deux mâchoires ; — les *Cachalots* n'en ont qu'à la mâchoire inférieure ; — le *Narval* n'en a en tout que deux à la mâchoire supérieure ; une seule se développe chez le mâle et peut atteindre 2 mètres de long ; — enfin les *Baleines* n'ont jamais de dents ; tout le devant de la bouche est garni de *fanons*, grandes pièces

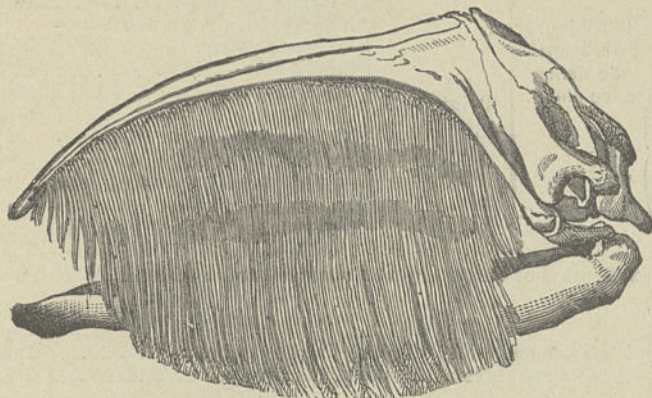


Fig. 535. — Crâne de Baleine.
Avec ses fanons.

cornées ou en forme de faux, au nombre de 300 environ, qui sont attachées sur les maxillaires supérieurs, en plusieurs rangées parallèles, et qui fournissent la *baleine* utilisée dans l'industrie (fig. 535).

Chez les Cétacés les deux narines sont rejetées sur le haut de la tête et très rapprochées, ce qui permet à l'animal de respirer sans sortir la tête tout entière de l'eau ; elles portent le nom d'*évents* ; quelquefois elles s'ouvrent extérieurement par un orifice commun. La vapeur d'eau rejetée par les événements en même temps que l'air expiré, peut se condenser et former un jet d'eau. Ajoutons que les deux cavités nasales se réunissent toujours en une seule dans leur région profonde et que le larynx y fait fortement saillie ; il en résulte que l'entrée de la trachée artère est absolument indépendante du fond de la bouche, ce qui permet à l'animal de respirer et de déglutir simultanément.

Baleine, Cachalot ; deux événements séparés.

Dauphin, Marsouin, Narval, 1 seul événement.

RÉSUMÉ

La classification des Mammifères est résumée par le tableau suivant :

I. — IMPLACENTAIRES. — OS MARSUPIAUX

- | | |
|---|-------------|
| 1° Mâchoires cornées, ovipares. | Monotrèmes. |
| 2° Système dentaire complet. Vivipares. | Marsupiaux. |

II. — PLACENTAIRES. — PAS D'OS MARSUPIAUX

I Placentaires ayant des mains.	{	Deux mains	Homme.
		Quatre mains. Molaires garnies de tubercules mousses . .	Singes.
		Quatre mains. Molaires garnies de tubercules pointus . . .	Lémuriens.

APPENDICE

QUESTIONS ORALES

POSÉES AUX CONCOURS D'ADMISSION A L'INSTITUT AGRONOMIQUE
PENDANT LES CINQ DERNIÈRES ANNÉES

CELLULE ET TISSUS. — *Qu'est-ce qu'une membrane séreuse? — Structure du tissu conjonctif; dans quelles parties du corps en trouve-t-on?*

Qu'est-ce qu'un épithélium? Où en trouve-t-on?

Tous les épithéliums ont-ils la même épaisseur?

Expliquer comment se divise une cellule?

Qu'est-ce que le protoplasme? — Structure du noyau.

Définir une membrane muqueuse. Quelle est sa structure?

Quelles sont les différentes variétés d'épithéliums?

Quel est le tissu qui accompagne généralement les épithéliums? Une fibre conjonctive est-elle une cellule modifiée?

Qu'est-ce que l'œuf?

Relations entre la peau et la paroi du tube digestif? — Quelle différence y a-t-il entre l'épiderme et la membrane épithéliale du tube digestif?

Structure de la cellule animale? La membrane existe-t-elle toujours?

Comment se comporte le noyau pendant la division cellulaire?

SQUELETTE ET MUSCLES. — *Quels sont les os qui forment le crâne?*

Décrire la première vertèbre? — Structure du tissu osseux.

Quels sont les os du bassin; leurs relations avec la cuisse?

Que savez-vous de la ceinture scapulaire? Quels sont les rapports de la clavicule et de l'omoplate? — Décrire l'omoplate.

Les articulations mobiles. Description d'une vertèbre dorsale.

Comment le crâne s'articule-t-il avec la colonne vertébrale. — Description de l'axis. — Composition chimique des os.

Quelles sont les apophyses de l'omoplate. Relations avec la clavicule.

Les os du poignet. Comment se fait l'articulation du poignet?

Figurer les vertèbres caudales? Qu'appelle-t-on arc neural?

Comment sont réunies les vertèbres? Description des côtes? — Comment s'attachent-elles à la colonne vertébrale?

Décrire les vertèbres du cou? La clavicule, ses relations.

Quels sont les os de la face? Figurer le maxillaire inférieur. — Décrire le tibia; ses relations?

Décrire le sphénoïde; avec quel os est-il articulé?

Accroissement de l'os en longueur; — en épaisseur. — Quels sont les stades du développement de l'os; comment se fait la disparition des cellules cartilagineuses? Et d'où viennent les ostéoblastes.

Décrire le fémur: ses articulations.

Décrire l'éthmoïde; qu'est-ce que la lame criblée?

Qu'appelle-t-on os de cartilage et os de membrane?

Quels sont les os de membrane?

Qu'est-ce que les canaux de Havers? les ostéoblastes?

Décrire une articulation? Quel est le rôle de la synovie? Quelle est la nature des poches synoviales?

Articulation du genou. — Qu'est-ce que l'osséine? Comment peut-on l'isoler? Quelle est la structure d'un muscle? Décrire une fibre musculaire striée. Propriétés physiologiques des muscles? Sont-elles les mêmes chez les muscles lisses et les muscles striés?
Décrire les fibres musculaires; sont-elles des cellules de forme particulière? Les comparer avec une fibre conjonctive? Qu'est-ce qu'une fibrille musculaire? Renferme-t-elle un noyau?
Où trouve-t-on des muscles lisses? Que présentent de particulier ceux du cœur?
Quels sont les principaux muscles de la tête?
Figurer le digastrique? Quels sont les éleveurs de la mâchoire?
Expliquer le déplacement de l'avant-bras? Quels sont les muscles des membres inférieurs?
Comment les muscles s'attachent-ils aux os?
Structure des tendons. Quel est le plus gros tendon?
Principaux muscles du bras et de l'avant-bras.
Comment les doigts se meuvent-ils?
Qu'est-ce que le périoste? Quelles sont les expériences qui ont montré son rôle. Qu'est-ce que la greffe osseuse.
Quels sont les principaux muscles des membres inférieurs? Ceux qui agissent pendant la marche?

SYSTÈME NERVEUX. — Quelles sont les différentes parties de l'encéphale?
Les deux hémisphères sont-ils indépendants l'un de l'autre?
Description du cervelet.
Qu'est-ce qu'un ganglion? sa structure? Exemples de ganglions.
Qu'est-ce que la substance grise? Décrire celle du cerveau.
Dessiner la coupe transversale de la moelle.
Qu'est-ce que le canal de l'épendyme?
Où est le 3^e ventricule du cerveau et qu'y a-t-il au-dessus?
Structure d'une cervelle nerveuse.
Où se trouve la glande pinéale? Qu'est-ce que cet organe?
Qu'est-ce que la scissure de Sylvius?
Qu'y a-t-il entre le cervelet et le bulbe?
Qu'est-ce qu'une fibre nerveuse? Combien de sortes de fibres?
Où les trouve-t-on?
Que présente de particulier le plancher du 4^e ventricule?
Comment ce dernier se continue-t-il en avant et en arrière?
Quels sont les nerfs de la moelle épinière? Comment naissent-ils?
Les méninges? Relations de la dure-mère et de l'arachnoïde? Quelle est la nature de cette dernière?
Développement de l'axe cérébro-spinal.
Où se trouvent les tubercules quadrijumeaux?
Qu'est-ce que le corps calleux? sa structure?
Que savez-vous sur les propriétés fondamentales des centres nerveux et sur les réflexes?
Qu'est-ce que la substance blanche et la substance grise? Leur place réciproque.
Où se trouvent les cellules dans la moelle épinière? Quel est le rôle des cellules des cornes antérieures?
Qu'est-ce que le ganglion spinal? Le figurer en place.
Quel est le rôle des nerfs rachidiens?
L'encéphale a-t-il la même structure chez tous les Vertébrés? Décrire l'encéphale d'un poisson.
Quel est le rôle du cervelet? Que se passe-t-il quand on pique fortement le bulbe?
Expliquer un acte réflexe de la moelle? Décrire l'encéphale d'un oiseau? Que se passe-t-il quand on prive un mammifère ou un oiseau de son cerveau?
Décrire le bulbe. Quel est son rôle?
Parler du cervelet. Est-il constitué de la même façon chez tous les Vertébrés?
Quels sont les cerveaux primitifs? Qu'est-ce que la flexion crânienne? Quels sont les différents ventricules?
Terminaison des fibres nerveuses dans les muscles.

PEAU, LANGUE ET NEZ. — Que savez-vous de la structure des poils?
Quel est le rôle des glandes sébacées?

Décrire une coupe de la peau.

Comment se développent les poils? Qu'est-ce que le bulbe du poil?

Quelle différence y a-t-il entre le derme et l'épiderme?

Quelles sont les fonctions de la peau?

Qu'est-ce que les corpuscules tactiles? Où en trouve-t-on? Les décrire.

L'épiderme est-il sensible? Quels sont les différentes sortes de corpuscules tactiles?

Décrire leur structure.

Relations entre la peau et le revêtement interne du tube digestif.

Description des papilles de la langue. — Structure d'une olive du goût.

Quels sont les nerfs de la langue et leur rôle?

Décrire les fosses nasales. — Structure de la membrane olfactive. — Qu'est-ce que la membrane pituitaire? Comment sont faites les terminaisons nerveuses de la muqueuse olfactive?

OEIL. — Quels sont les muscles moteurs de l'œil? Que présente de particulier le grand oblique;

Que savez-vous sur la rétine? Décrire un cône et un bâtonnet en détail.

Qu'est-ce que le punctum cæcum? Expérience par laquelle on démontre l'existence de ce point. Quelle est sa structure?

Figurer les différentes membranes de l'œil.

Structure de la rétine? Suivre une fibre optique depuis son origine jusqu'à sa terminaison.

Qu'est-ce que le pourpre rélinien? Les glandes lacrymales?

Le cristallin, structure, rôle. Comment se développe-t-il? Peut-on l'enlever?

Décrire un œil de poisson. En quoi consiste la myopie?

Décrire un œil d'oiseau. Quelle est la structure de la cornée?

Dire ce que vous savez sur la presbytie, sur l'hypermétropie.

Rôle des différentes parties de l'œil.

OREILLE. — Décrire l'oreille moyenne. — Tous les Vertébrés ont-ils une oreille moyenne? Quels sont ceux qui n'en ont pas?

D'où provient la surdité partielle pendant les rhumes de cerveau? Qu'est-ce que la trompe d'Eustache?

Quelle est la forme la plus simple de l'oreille?

Comment se développe l'oreille?

Qu'est-ce que le limaçon, description, rôle.

Taches acoustiques de l'oreille.

Décrire l'oreille interne. — Quelle est la partie qui perçoit la hauteur des sons. — Comment explique-t-on la chose?

Quel est le rôle de l'oreille moyenne et de l'oreille externe?

Qu'est-ce que l'endolymphe et la périlymphe?

Décrire les canaux demi-circulaires? Leur rôle.

Les oiseaux ont-ils une oreille externe? Quelle est la partie de l'oreille qui existe chez tous les vertébrés?

Décrire le tympan, la chaîne des osselets, cette chaîne existe-t-elle chez tous les Vertébrés.

Qu'est-ce que les crêtes acoustiques? Rôle des canaux demi-circulaires? Y en a-t-il chez tous les Vertébrés?

DENTS. — Quelle est la structure de l'ivoire? Sa composition chimique. Exposer le développement des dents. — Quelle est la structure d'une dent chez l'homme. — Composition chimique des dents. — Décrire la dentition d'un enfant âgé de six ans; que trouve-t-on au-dessous des dents de lait. — Comment est fait l'émail; de quelle façon se développe-t-il sa différence avec le ciment.

DIGESTION. — Composition du suc gastrique. Quels sont les aliments qu'il transforme? — Différence entre l'albumine ou blanc d'œuf et les peptones.

Classification des aliments. Quels sont ceux qui sont digérés par la salive? — Où se fait cette digestion?

Quels sont les aliments digérés par le suc pancréatique?

Qu'est-ce que le chyme? Qu'est-ce que le chyle?

Description des glandes salivaires. — Composition de la salive. — Structure d'une dent.

Description du pancréas.

Figurer une villosité intestinale; décrire les glandes intestinales; rôle du suc intestinal.

Secrétion du suc gastrique; son rôle dans la digestion; comment l'a-t-on établi.

Structure du pancréas: composition du liquide pancréatique.

Décrire les parois du tube digestif; qu'est-ce qu'une muqueuse; l'épithélium a-t-il la même forme sur toute l'étendue du tube digestif.

Description de l'estomac; comment se comporte la valvule pylorique.

Quel est le rôle du liquide pancréatique dans la digestion; différence entre l'émulsion et la saponification.

SANG et CIRCULATION. — *Y a-t-il des gaz dans le sang et quels sont-ils? Origine de l'oxygène et du CO²; leurs proportions sont-elles les mêmes dans le sang veineux et dans le sang artériel.*

Que savez-vous sur la veine porte: y a-t-il un système porte ailleurs que dans le foie?

Décrire l'aorte et les troncs qu'elle distribue; qu'y a-t-il à son origine?

Structure des artères; est-il exact de dire que leurs parois sont contractiles?

Qu'est-ce que le plasma; expliquer la coagulation du sang.

Que savez-vous sur les globules sanguins: décrire les globules blancs; quel est leur rôle? où se forment les différents globules de sang?

Qu'est-ce que les vaisseaux capillaires? où les trouve-t-on; quelle est leur structure; établir la structure d'une artère en partant des capillaires.

Structure des globules rouges; l'hémoglobine, sa préparation, son rôle.

Définition générale d'un système porte; où en trouve-t-on des exemples?

Décrire le cœur; particularité que présente la structure de ses fibres; comment sont-elles distribuées?

Quels sont les vaisseaux sanguins des poumons; différence entre les veines et les artères; combien y a-t-il de veines pulmonaires?

Décrire les globules rouges du sang chez les différents Vertébrés; quels sont ceux qui possèdent les plus gros, les plus petits; les globules rouges de l'homme sont-ils toujours dépourvus de noyau?

Décrire le système veineux de l'homme; où trouve-t-on des valvules; qu'est-ce que les valvules sigmoïdes?

Énumérer les différents vaisseaux qui arrivent dans le cœur ou qui en partent; indiquer exactement leur point d'origine dans le cœur.

Décrire la crosse aortique de l'homme, celle d'un Mammifère quelconque, celle d'un Oiseau et celle d'un Reptile.

Expliquer la circulation du sang dans le cœur.

Quelles sont les causes qui font circuler le sang dans les veines? Y a-t-il des parois élastiques?

Qu'est-ce que la lymphe? Son origine, sa composition; se coagule-t-elle?

Description du système lymphatique; structure d'un vaisseau lymphatique.

Qu'est-ce que les vaisseaux chylifères? Sont-ils visibles? A quel moment le sont-ils et pourquoi?

Les autres vaisseaux lymphatiques sont-ils lactescents?

Figurer le système lymphatique; décrire un ganglion.

Expliquer le mécanisme de la circulation dans les artères.

Rôle des villosités intestinales; expliquer la marche dans l'absorption.

Comparer le cœur des différents Vertébrés; système veineux des Poissons; différence entre l'aorte des Mammifères et l'aorte des Oiseaux.

Décrire le système artériel des Batraciens. Qu'est-ce que le bulbe aortique? Est-il constitué de la même façon chez tous les Poissons? Quels sont les autres Vertébrés qui ont un bulbe?

Figurer un cœur de Batracien avec les vaisseaux qui en partent? Y a-t-il mélange du sang veineux et du sang artériel dans le ventricule?

Différence entre le bulbe des Poissons cartilagineux et celui des Poissons osseux.

Figurer un cœur de crocodile avec les vaisseaux qui en partent? Comparer ce cœur à celui des Batraciens.

Décrire le cœur d'un Reptile; ses crosses aortiques? Trouve-t-on la même disposition chez tous les Reptiles?

RESPIRATION. — *Qu'est-ce que les plèvres, leur structure; représenter leur disposition par rapport aux poumons et à la paroi thoracique.*

Structure de la trachée-artère; description des bronches; y a-t-il une muqueuse dans les bronches.

Exposer les phénomènes chimiques de la respiration.

Que savez-vous sur les vésicules pulmonaires; différence entre leur épithélium et celui des bronches.

Expliquer le mécanisme de l'inspiration; bien préciser comment se comportent les plèvres.

Expliquer comment CO² s'échappe des poumons; où prend-il naissance; démontrer qu'il se forme dans toutes les parties du corps; comment est-il transporté jusqu'aux poumons; expérience simple qui démontre que nous rejetons du CO².

En quoi consiste le phénomène de la respiration; quelles sont les parties du corps qui ont besoin d'oxygène; supposer une vésicule pulmonaire remplie d'air et expliquer comment l'oxygène est conduit dans les tissus.

Expliquer l'expiration; les poumons se vident-ils complètement à ce moment; quelle est leur capacité totale; combien sort-il d'air à chaque expiration; y a-t-il des muscles qui agissent pendant l'expiration ordinaire.

FOIE. — *Qu'est-ce que le glycogène; sous quelle forme existe-t-il dans le foie; expliquer son origine et son rôle.*

Décrire un lobule hépatique.

Quels sont les vaisseaux sanguins du foie; décrire les canaux biliaires.

Énumérer les différentes fonctions du foie; composition de la bile; origine de sa matière colorante.

Qu'est-ce que le glycogène? quels sont les aliments qui sont capables d'en fournir; expériences par lesquelles on établit la fonction glycogénique du foie; expériences de Claude Bernard.

Composition de la bile; a-t-elle un rôle dans la digestion; quelle est la véritable nature de ce liquide.

Qu'est-ce que l'ampoule de Vater?

Quelles sont les différentes fonctions de la bile?

Démontrer qu'elle favorise l'absorption des graisses.

La vésicule biliaire et ses conduits.

REINS. — *Que savez-vous sur les canalicules urinaires? Les figurer et décrire leur structure.*

Description des reins; sont-ils semblables dans toute la série des Vertébrés (voy. le chapitre des Vertébrés).

Quelle est la composition de l'urine? N'y a-t-il pas un liquide dont la composition est voisine de celle de l'urine? Différence entre l'urine et le plasma.

Décrire une pyramide. — Décrire un glomérule de Malpighi. — Qu'est-ce qu'un système porte.

Dans quelles parties du corps se forment les principes de l'urine? Le démontrer? Quel est l'organe qui en forme le plus?

Quelles sont les substances fondamentales de l'urine?

Quelle est la véritable nature de l'urine? Origine de l'urée.

Qu'est-ce que la goutte? Que savez-vous sur l'urine des oiseaux.

Quelle est la fonction des reins? Par quel mécanisme extraient-ils l'urine?

Qu'est-ce que le diabète? Qu'arrive-t-il si on enlève les reins?

Que savez-vous sur l'urée de l'acide urique?

Qu'est-ce que les glandes sudoripares? Les décrire?

Qu'est-ce que des néphridies? Qu'est-ce que l'urée, sa nature? Par quelle voie est-elle expulsée à l'extérieur? A quoi peut-on comparer une glande sudoripare?

POISSONS. — *Décrire le cœur des Poissons. — Combien y a-t-il de crosses aortiques chez les Poissons? Articulation du crâne et de la colonne vertébrale. — Y a-t-il des Poissons pulmonés? Comment respirent-ils? — Décrire les branchies des Poissons. — Qu'est-ce que la veine natale? Son rôle? Existe-t-elle chez tous? Figurer l'encéphale des Poissons? Y a-t-il des hémisphères cérébraux? — Différence entre le bulbe des Poissons osseux et celui des Poissons cartilagineux. — Décrire une vertèbre de Poisson. — Y a-t-il d'autres animaux qui ont des vertèbres biconcaves? — Décrire l'œil des Poissons. — Système veineux des Poissons.*

BATRACIENS. — *Exposer les métamorphoses des grenouilles. — Que devient la queue du têtard? — Régime alimentaire du têtard. — Y a-t-il des batraciens qui restent toute leur vie à l'état de larve? — Différence entre l'appareil respiratoire d'un batracien et celui*

d'un reptile? — Décrire le cœur des batraciens. — Classification des batraciens. — Décrire les vaisseaux sanguins des batraciens. — Combien de crosses à l'aorte? — Citer les animaux dont le cœur est pourvu d'un bulbe?

REPTILES. — *L'appareil respiratoire des reptiles. — Décrire le cœur des crocodiles; différences avec celui des autres reptiles. — Décrire les veines et les artères des reptiles. — Décrire l'aorte chez les crocodiles. — Ressemble-t-elle à celle des autres reptiles?*

OISEAUX. — *Appareil digestif des oiseaux? — Où sont sécrétés les liquides digestifs? — Rôle du jabot? — Qu'y a-t-il de particulier à l'extrémité de l'intestin grêle. — Décrire l'œuf de l'oiseau? — L'aorte des oiseaux? Sa différence avec celle des reptiles et des poissons? — Particularité des globules sanguins des oiseaux? — Qu'est-ce que les cæcums? — Décrire le bassin et les membres postérieurs des oiseaux? — Quelle est la direction du fémur. — Ceinture scapulaire des oiseaux; sa différence avec celle de l'homme. — Articulation de la mâchoire inférieure; qu'est-ce que l'os carré? — Quels sont les autres animaux qui en possèdent? — Comment la tête est-elle articulée chez les Oiseaux, chez les Reptiles, les Batraciens et les Poissons? — Rapports entre les Reptiles et les Oiseaux? — Y a-t-il des oiseaux à dents? — Pourquoi l'œuf des oiseaux est-il plus volumineux que celui des mammifères? — Globules du sang des oiseaux? — Comment s'appelle l'estomac vrai des oiseaux? — Décrire l'aile des oiseaux? — Structure de la plume; comment se développe-t-elle? — L'œil des oiseaux?*

MAMMIFÈRES. — *Dentition des ruminants? — Forme générale d'une molaire d'herbivore? — Particularités de l'estomac des ruminants? — Qu'est-ce, que les Allantoïdiens et les Anallantoïdiens. Particularités des œufs des Allantoïdiens. — N'y a-t-il pas des mammifères qui ont des œufs aussi développés que ceux des oiseaux ou des reptiles? — Dentition des carnassiers. — Modes d'articulation de la tête chez les différentes classes de Vertébrés. — Variations que présente la colonne vertébrale depuis la tête jusqu'au coccyx? — Comment peut-on passer d'une dent de mastodonte à celle d'un éléphant actuel? — La dentition du cheval? Ses canines? — La dentition du lapin? Particularités de ses incisives? Comment classe-t-on les Vertébrés? — Les mamelles et le lait; composition de ce liquide. — Estomac des ruminants? Y a-t-il d'autres animaux qui ont un estomac composé? — Qu'est-ce que le placenta? Son rôle? Quels sont les animaux qui en possèdent? — Figurer une molaire d'herbivore? — Qu'est-ce que l'os canon des chevaux? et celui des ruminants? Décrire les pattes des Artiodactyles? — Membres des mammifères aquatiques? — Décrire les ailes des chauves-souris? — Qu'est-ce que les périssodactyles? Leurs membres?*

INSECTES. — *Décrire l'appareil digestif des insectes? Quel est le rôle du gésier? — Quel est le régime des insectes? — Subdivisions des insectes? Quelques exemples de chaque ordre? — Pourquoi les lépidoptères sont-ils nuisibles? — Décrire l'appareil de la respiration? — Nombre de pattes chez les insectes? Leur place? — Décrire les pièces buccales d'un insecte broyeur? — Figurer un système nerveux d'insecte larvaire? d'insecte parfait? — Décrire les yeux des insectes? — Décrire l'appareil buccal d'un insecte lécheur et d'un insecte piqueur. — Métamorphoses des insectes. Que se passe-t-il dans les chrysalides? — Qu'est-ce que les tubes de Malpighi? — Appareil circulatoire. — Les insectes ont-ils des organes auditifs? — Qu'est-ce que la chitine? — Son origine?*

MOLLUSQUES. — *Comment subdivise-t-on les Mollusques; différences entre ces différents groupes? — Les Céphalopodes ont-ils une coquille? — Système nerveux des Mollusques. Est-il le même dans toutes les classes? — Respiration et circulation chez les Mollusques? — Comment se forme la coquille? — Les reins des Mollusques? — Le cœur des Mollusques; ses rapports avec le tube digestif.*

ERRATUM

Page 406, dernière ligne *lire* : La ration de travail au lieu de : La valeur de travail.

TABLE DES MATIÈRES

ORGANISATION GÉNÉRALE DU CORPS DES ANIMAUX

CHAPITRE PREMIER. — La cellule animale	1
Structure de la cellule, 1. — Ses propriétés biologiques, 4. — Mécanisme de sa division, 9. — Origine des animaux. L'ovule, 10. — Maturation de l'ovule, expulsion des globules polaires, 12. — Description des cellules mâles. La fécondation, 13. — La pathénogénèse, 15. — Segmentation de l'œuf. Formation de l'embryon, 15.	
CHAPITRE II. — Tissus	21
Tissu épithélial ou épithélium, 21. — Tissu conjonctif, 24.	

LIVRE I. — APPAREIL LOCOMOTEUR

CHAPITRE PREMIER. — Le squelette	29
Conformation générale des os, 29. — Structure du tissu osseux, 31. — Développement des os, 33. — <i>Accroissement de l'os en épaisseur</i> , 34.	
Description du squelette	35
Squelette du tronc, 35. — <i>Squelette de la tête</i> , 42. — <i>Squelette des membres</i> , 48. — Articulations ou jointures, 57.	
CHAPITRE II. — Système musculaire	59
Structure des muscles striés, 59. — Structure des muscles lisses, 62. — Propriétés physiologiques des muscles, 62. — Myographe, 65. — Terminaisons des nerfs dans les muscles, 67. — Nutrition et chaleur musculaires, 67. — Comment les os se déplacent-ils ? 68. — Modes de locomotion, 69. — Leviers, 69.	
Principaux muscles	70
Muscles de la tête, 70. — Muscles du tronc, 72. — Muscles des membres supérieurs, 73. — Muscles des membres inférieurs, 75.	

LIVRE II. — LE SYSTÈME NERVEUX

CHAPITRE PREMIER. — Origine et structure	77
Développement du système nerveux, ses différentes régions, 77. — Structure du tissu nerveux 80.	
CHAPITRE II. — La moelle épinière	83
Conformation générale, 83. — Structure de la moelle, nerfs rachidiens, 87. — Structure des nerfs, 88. — Répartition des nerfs rachidiens, 90. — Structure de la substance grise et de la substance blanche, 90. — Terminaison des nerfs dans les muscles, 90.	
Physiologie de la moelle et des nerfs	92
Fonctions des nerfs, 92. — Fonctions de la moelle, 93.	
CHAPITRE III. — L'encéphale	96
<i>Première partie</i> : LE BULBE. — Description du bulbe, 96. — Fonctions du bulbe, 99.	
<i>Deuxième partie</i> : LE CERVELET. — Description du cervelet, 102. — Structure du cervelet, 103. — Relations du cervelet avec la moelle et le reste de l'encéphale, 104. — Fonctions du cervelet, 105.	

<i>Troisième partie</i> : TUBERCULES QUADRJUMEAUX 106. — Epiphyse ou troisième œil des vertébrés, 107. — Les couches optiques, 107. — Corps striés, 108. — Hypophyse, 109.	
<i>Quatrième partie</i> : CERVEAU PROPREMENT DIT. — Description du cerveau, 110. — Structure du cerveau, 113. — Nerfs crâniens, 115. — Structure et origine des nerfs crâniens, 118.	
Rôle du cerveau.	118
Explication de la marche de la sensibilité, 120. — Explication de la marche de la motricité, 122. — Localisations cérébrales, 123.	
CHAPITRE IV. — Système du grand sympathique	126
Description, 126. — Relations du système sympathique avec l'encéphale et la moëlle, 128. — Structure des ganglions et des nerfs, 129. — Fonctions du sympathique, 129. — Nerfs vaso-moteurs, 130. — Nerfs modérateurs et nerfs accélérateurs, 132.	
CHAPITRE V. — L'encéphale chez les Vertébrés	133
Cerveau antérieur ou cerveau proprement dit, 133. — Second cerveau, couches optiques et épiphyse, 137. — Troisième cerveau, lobes optiques, 137. — Quatrième cerveau, cervelet, 137. — Cinquième cerveau, bulbe, 137.	
LIVRE III. — ORGANES DES SENS	
Organisation générale	138
CHAPITRE PREMIER. — Sensibilité tactile; la peau	140
Structure de la peau, son rôle protecteur, 140. — Deuxième fonction de la peau, sécrétion de la sueur, 146. — Troisième fonction de la peau, sensibilité tactile, 146.	
CHAPITRE II. — Description de l'organe du goût	150
Description de la langue, 150. — Nerfs de la langue, 152. — Description des papilles, 153.	
CHAPITRE III. — Organe de l'olfaction	155
Description des fosses nasales, 155. — Structure de la muqueuse et des cellules olfactives, 157.	
CHAPITRE IV. — Organe de la vue	160
1 ^o <i>Organes annexes de l'œil</i> , 160. — 2 ^o <i>Description du globe de l'œil</i> , 164. — La sclérotique, 164. — La choroïde, 165. — La rétine, 166. — Milieux traversés par la lumière, 169. — <i>Fonctionnement de l'œil</i> , 171. — Formation des images renversées au fond de l'œil, 171. — Accommodation de la vision, 174. — Rôle de l'iris, 177. — Rôle de la choroïde, 178. — Vision binoculaire, 178. — Anomalies de la vision, 179. — Dioptrie, 181. — Mécanisme de la vision, 182. — Durée des impressions lumineuses, 182. — Vision des couleurs, 183. — <i>Organes visuels dans la série animale</i> , 184.	
L'œil chez les Vertébrés	186
Classe des poissons, 186. — Classe des batraciens, 187. — Classe des reptiles, 187. — Classe des oiseaux, 188. — Classe des mammifères, 189.	
CHAPITRE V. — Organe de l'ouïe	190
Organisation générale et développement de l'oreille, 190. — <i>Oreille externe</i> , 192. — <i>Oreille moyenne</i> , 193. — Description, 193. — Fonction de l'oreille moyenne, 196. — <i>Oreille interne</i> , 198. — Vestibule, 198. — Canaux demi-circulaires, 200. — Limaçon, 201. — <i>Organes auditifs dans la série animale</i> , 205. — Invertébrés, 205. — L'oreille chez les vertébrés, 206. — Classe des poissons, 207. — Classe des batraciens, 207. — Classe des reptiles, 208. — Classe des oiseaux, 208. — Classe des mammifères, 209.	

LIVRE IV. — FONCTIONS DE NUTRITION

Subdivisions de la Nutrition.	210
CHAPITRE PREMIER. — Digestion	212
Phénomènes généraux de la digestion, 212. — Ferments digestifs, 212. — Ali-	

ments, 214. — Disposition générale de l'appareil digestif, 222. — <i>Les dents</i> , 224. — Différentes parties d'une dent, 225. — Différentes sortes de dents, 225. — Les deux dentitions successives, 226. — Structure des dents, 227. — Développement des dents, 230. — <i>Les glandes salivaires</i> , 232. — Description des glandes, 232. — Composition de la salive, 232. — Rôle de la salive, 234. — <i>Pharynx et œsophage</i> , 236. — Pharynx et déglutition, 236. — Œsophage, 237. — <i>Estomac et digestion stomacale</i> , 238. — Description de l'estomac, 238. — Structure, 239. — Glandes de l'estomac, 240. — Fonction mécanique de l'estomac, 241. — Composition chimique du suc gastrique, 243. — Action chimique du suc gastrique, rôle de la pepsine, 246. — La présure, 249. — La lipase, 249. — Propepsine et peptogènes, 250. — Pourquoi l'estomac ne se digère-t-il pas lui-même? 250. — <i>Le pancréas</i> , 251. — Forme et structure du pancréas, 251. — Extraction du suc pancréatique, 253. — Conditions de la sécrétion du suc pancréatique, 253. — Composition et fonction du liquide pancréatique, 254. — <i>Intestin</i> , 256. — Description de l'intestin, 256. — Influence du régime alimentaire sur la longueur du tube digestif, 258. — Valvules conniventes et villosités intestinales, 258. — Structure de l'intestin, 258. — Rôle de l'intestin, 261. — Différents ferments du suc intestinal, 261. — Durée du séjour des aliments dans l'intestin, 263.	
CHAPITRE II. — Le sang	265
Les globules sanguins, 265. — Diverses espèces de globules blancs, 269. — Origine des globules rouges, 271. — Le plasma, 272. — Les gaz du sang, 275. — Extraction des gaz du sang, 277. — Analyse spectrale du sang, 278. — La lymphe, 278.	
CHAPITRE III. — Appareil circulatoire	279
Anatomie de l'appareil circulatoire	280
Le cœur, 280. — Système artériel, 283. — Système veineux 286. — Système lymphatique, 289. — Structure des vaisseaux sanguins, 293.	
Physiologie de la circulation	300
Marche générale du sang de l'organisme, 300. — Marche du sang dans le cœur, 302. — Le cardiographe, 303. — Mécanisme de la circulation dans les artères, 305. — Mécanisme de la circulation dans les veines, 309. — Action du système nerveux sur le cœur et sur les vaisseaux sanguins, 309. — Pression du sang dans les vaisseaux sanguins, 310.	
CHAPITRE IV. — Absorption des aliments	312
CHAPITRE V. — Appareil circulatoire dans la série animale	316
Invertébrés	316
Mollusques, 316. — Crustacés, 317. — Insectes, 317. — Vers, 318.	
Vertébrés	318
Origine du cœur, 318. — Développement du système artériel, 320. — Développement du système veineux, 321. — Classe des poissons, 324. — Classe des batraciens, 326. — Classe des reptiles, 329. — Oiseaux et mammifères, 332.	
CHAPITRE VI. — La Respiration	334
<i>Description de l'appareil respiratoire de l'homme</i> , 336. — Poumons, 336. — Trachée, 338. — <i>Phénomènes de la respiration</i> , 343. — Phénomènes mécaniques, 343. — Phénomènes chimiques de la respiration, 347. — Quantité d'air absorbée, 352. — Influence de la pression de l'oxygène sur la respiration, 352. — Influence du gaz carbonique sur la respiration, 354. — <i>La respiration dans la série animale</i> , 355. — Respiration cutanée, 355. — Respiration branchiale, 356. — Respiration trachéenne, 358. — Respiration pulmonaire, 359.	
CHAPITRE VII. — Phénomènes généraux de la nutrition	362
<i>Assimilation et désassimilation</i> , 362.	
CHAPITRE VIII. — Le foie	366

Description du foie, 366. — Canaux biliaires et vaisseaux sanguins, 367. — Structure du foie, 369.	
Fonctions du foie	371
<i>Fonction biliaire</i> , 372. — Composition de la bile, 372. — Rôle de la bile dans la digestion, 373. — <i>Fonction glycogénique</i> , 375. — Nature de cette fonction, 375. — Aliments qui donnent du glycogène, 378. — <i>Fonction antitoxique</i> , 379. — <i>Fonction uropoïétique</i> , 380.	
CHAPITRE IX. — Les Reins	381
Description des reins, 381. — Disposition des tubes urinaires, 383. — Disposition des vaisseaux sanguins, 384. — Composition de l'urine, 386. — Mécanisme de la sécrétion urinaire, 387. — <i>Glandes sudoripares</i> , 391. — <i>Glandes vasculaires closes</i> , 392.	
CHAPITRE X. — Réserves nutritives.	397
CHAPITRE XI. — Chaleur animale	399
Température du corps des animaux, 399. — Origine de la chaleur animale, 401. — Parties du corps qui engendrent de la chaleur, 402. — Mesure de la chaleur dégagée, 403. — Détermination de la ration alimentaire, 404. — Travail des muscles ; leur nutrition, 407. — Par quels procédés la température reste-t-elle constante, 410.	

LIVRE V. — LARYNX

Cartilages, 475. — Fonctionnement, 415.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SOMMAIRE DES DIFFÉRENTS GROUPES D'ANIMAUX

<i>Principes des classifications.</i>	422
<i>Premier sous-règne animal, Protozoaires.</i>	424
PREMIER EMBRANCHEMENT. — Les Rhizopodes	425
DEUXIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Infusoires	430
TROISIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Sporozoaires	433
<i>Second sous-règne animal</i>	436
<i>Métazoaires</i> : Définition et classification.	436
PREMIER EMBRANCHEMENT. — Les Spongiaires	438
DEUXIÈME EMBRANCHEMENT. — Cœlentérés	440
TROISIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Echinodermes	451
<i>Artiozoaires</i> :	
PREMIER EMBRANCHEMENT. — Les Bryozoaires	460
DEUXIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Vers	462
TROISIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Arthropodes	480
Classe des Insectes, 481. — Classe des Arachnides, 505. — Classe des Myriapodes, 508. — Classe des Crustacés, 509.	
QUATRIÈME EMBRANCHEMENT. — Les mollusques.	518
Classe des Lamellibranches, 518. — Classe des Gastéropodes, 526. — Classe des Céphalopodes, 534.	
CINQUIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Brachiopodes.	541
SIXIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Protochordés.	546
SEPTIÈME EMBRANCHEMENT. — Les Vertébrés.	550
Caractères généraux, 550. — Classe des Poissons, 558. — Classe des Batraciens, 572. — Classe des Reptiles, 579. — Classe des Oiseaux, 587. — Classe des Mammifères, 600.	