le suc pancréatique jouit de la propriété d'émulsionner les matières grasses, c'est-à-dire de les diviser en particules d'une ténuité extrême, et de les dédoubler en acides gras et en glycérine ; il vit que l'absorption des graisses se fait dans l'intestin à partir du point où le canal de Wirsung y verse le suc pancréatique, et que si l'on détruit le pancréas, les animaux ne tardent pas à mourir dans un état d'amaigrissement extrême.

La digestion des matières grasses est donc due à l'action de la bile aussi bien qu'à celle du suc pancréatique. Le premier de ces liquides non seulement peut en dissoudre une certaine proportion, mais encore, en mouillant les parois de l'intestin, il permet aux matières huileuses de les traverser plus facilement.

Le *suc intestinal*, c'est-à-dire celui que sécrètent les follicules contenus dans les parois de l'intestin grêle, agit aussi dans le travail digestif ; il vient en aide au suc gastrique et dissout les matières azotées qui ont échappé à l'action de ce dernier liquide.

Les produits solubles du travail digestif sont absorbés par la tunique muqueuse de l'estomac et de l'intestin, pour être introduits dans le sang. C'est principalement dans l'intestin grêle que cette absorption a lieu, et nous en étudierons bientôt le mécanisme.

Les matières qui ont échappé à l'action des sucs digestifs se réunissent dans la partie terminale du gros intestin appelée *rectum* (fig. 44) et sont expulsées par l'ouverture anale. Chez les Monotrêmes et les Oiseaux l'intestin ne débouche pas directement au dehors, il s'ouvre à côté des canaux urinifères et reproducteurs dans une cavité ou vestibule commun nommé le *cloaque*.

## IRRIGATION PHYSIOLOGIQUE.

§ 48. Le travail nutritif qui est nécessaire à l'entretien de



la vie s'effectue dans toutes les parties de l'organisme et les matières qui doivent y être employées ne peuvent y arriver que si elles sont à l'état fluide ou tout au moins très divisées et tenues en suspension dans un liquide.

Chez l'homme et chez presque tous les animaux un liquide spécial sert de la sorte au développement de l'activité physiologique, et ce liquide est le **sang**. En ce moment nous ne nous occuperons pas de son étude chez les animaux invertébrés ; nous ne prendrons en considération que le sang des Vertébrés et plus particulièrement le sang de l'homme ou des Mammifères.

## SANG, GLOBULES, COAGULATION, ETC.

§ 49. Chez tous ces animaux le sang est d'un rouge intense (1) et il doit cette couleur à la présence d'une multitude de corpuscules solides qui s'y trouvent en suspension et qui sont désignés sous les noms de **hématies** ou de **globules rouges**.

Ces corpuscules microscopiques sont autant d'organismes vivants, dont la forme et les dimensions sont bien déterminées pour chaque espèce zoologique ; chez l'homme et chez presque tous les Mammifères ce sont de petits disques circulaires concaves sur l'une et l'autre face et ne dépassant guère en diamètre la 130e partie d'un millimètre (fig. 60). Chez l'Homme ils ont environ $\frac{1}{125}$ de millimètre, et chez quelques Quadrupèdes tels que les Chèvres et les Chevrotains ils sont beaucoup plus petits ; chez les Vertébrés inférieurs ils sont au contraire beaucoup plus grands, surtout chez les Batraciens ; ainsi chez la Grenouille ils ont 1/45e de millimètre, chez le Triton ou

(1) On rattache au type vertébré un animal marin nommé *Amphioxus*, dont le sang, comme celui de presque tous les invertébrés, est à peu près incolore ; mais cet animal n'est pas un véritable vertébré. On appelle communément animaux à sang blanc, les Invertébrés dont le sang au lieu d'être rouge est légèrement jaunâtre ou faiblement teinté soit en rouge, soit en vert, soit en violet, soit de quelque autre couleur.

Salamandre aquatique leur grand diamètre égale 1/28e de millimètre, et chez la Sirène lacertine ils mesurent 1/16e de millimètre, de façon à être presque visibles à l'œil nu.

Les globules d'un petit nombre de Mammifères (des Chameaux et des Lamas), ainsi que ceux des Oiseaux (fig. 61), des Reptiles (fig. 62), des Batraciens et des Poissons (fig. 63), au lieu d'être circulaires comme chez l'Homme et les Mammifères, sont de forme ovalaire, et chez tous les Vertébrés des quatre classes inférieures, au lieu d'être biconcaves ces

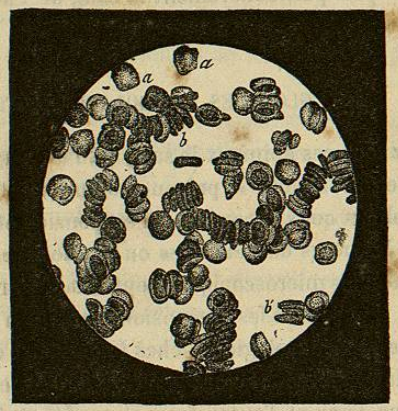


Fig. 60. — Globules du sang de l'Homme, très grossis (*).

hématies sont renflées au centre par suite de l'existence d'un noyau central (fig. 61 à 63) qui ne se trouve pas chez les Mammifères, à moins que ceux-ci ne soient encore à l'état d'embryon.

La structure interne de ces corpuscules est très difficile à étudier à cause de leur petitesse; quelques observateurs pensent que dans l'espèce humaine ils ne sont pas délimités par

*) *a*, Globules plasmiques; — *b*, hématies.



une membrane; mais chez beaucoup d'animaux on a pu constater que ce sont autant d'utricules, ou cellules à parois membraniformes renfermant une substance molle ou rougeâtre avec ou sans noyau central plus solide, et probablement il en est toujours ainsi. Du reste les hématies sont très faciles à altérer; en présence de l'eau elles se gonflent beaucoup; elles se racornissent lorsque le liquide ambiant est fortement chargé de matières salines. Leur nombre est immense: ains

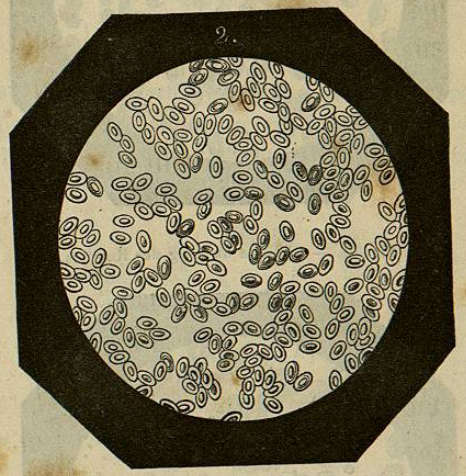

Fig. 61. — Globules du sang des Oiseaux.

on évalue à plus de cinq millions celles qui se trouvent dans un centimètre cube de sang humain.

§ 50. Le microscope permet aussi de distinguer dans le sang de tous les Vertébrés d'autres corpuscules qui sont incolores et de forme presque sphérique. Les uns, appelés **globulins** ou **hématoblastes**, sont d'une petitesse extrême, et il y a quelque raison de croire que ce sont des hématies à l'état de germe. Les autres, plus gros que les globules et d'un aspect granuleux.

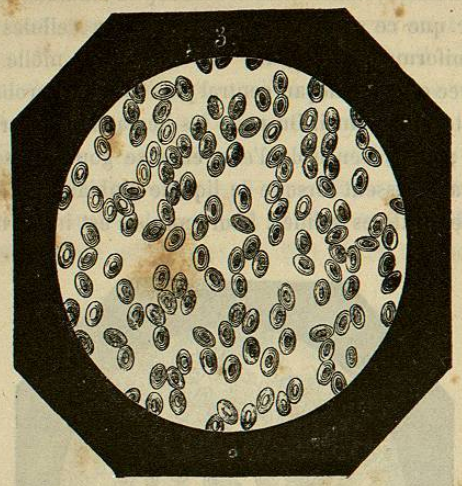

Fig. 62. — Globules du sang des Reptiles.

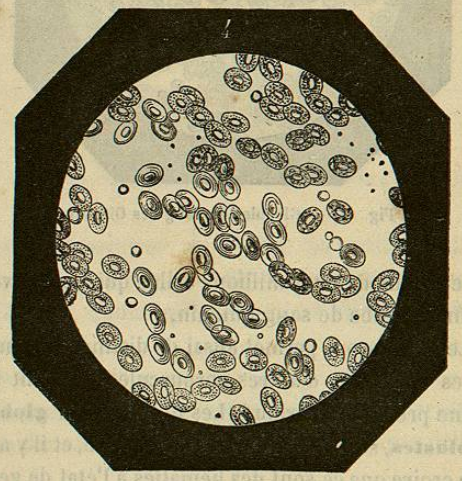

Fig. 63. — Globules du sang des Poissons.



sont désignés sous les noms de **globules blancs**, de *globules plasmiques* ou de *leucocystes* (fig. 64). Dans l'état normal ils sont peu nombreux; mais dans certains états maladifs ils deviennent extrêmement abondants.

Fig. 64. — Globules blancs (*).

Chez les animaux invertébrés le sang ne contient pas d'hematies, et en général il est à peu près incolore. Il ne consiste qu'en un liquide jaunâtre ou verdâtre, quelquefois rougeâtre,

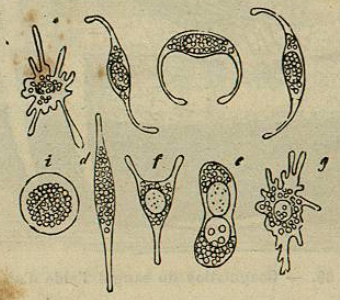


Fig. 65. — Corpuscules sanguins de l'Écrevisse.

tenant en suspension des corpuscules de forme très variable (fig. 65).

§ 51. Le sang de l'Homme et des autres Vertébrés doit sa couleur rouge et son opacité aux hématies, et le liquide dans lequel ces corpuscules flottent librement est jaunâtre. Dans l'intérieur du corps vivant, ce liquide nourricier conserve sa

(*) Globules blancs émettant des prolongements rétractés et immobiles; — B, globules traités par l'acide acétique.

fluidité, mais lorsqu'il vient à s'épancher au dehors ou quand il se trouve en contact avec un corps étranger, il se solidifie rapidement et se transforme en une masse gélatineuse qui emprisonne dans sa substance les globules et constitue ainsi un caillot rouge dont suinte peu à peu un liquide jaunâtre et translucide appelé *sérum*.

Cette **coagulation** spontanée du sang est déterminée par la solidification d'une matière particulière nommée *fibrine* que l'on peut séparer sous la forme de filaments blanchâtres au

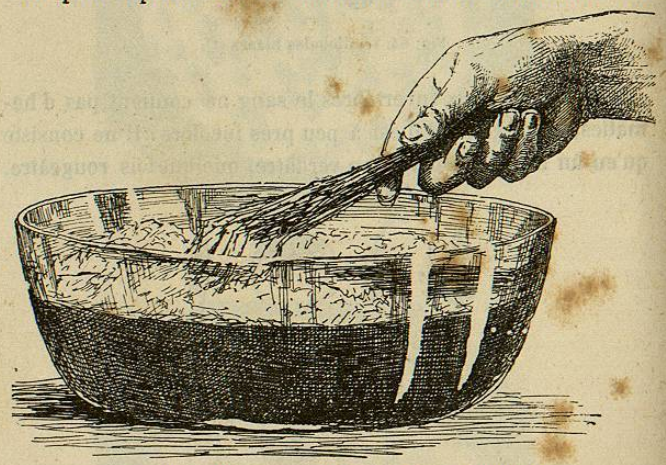

Fig. 66. — Coagulation du sang à l'aide d'un balai.

moyen d'une opération très simple. Si l'on bat avec une poignée de petites baguettes le sang prêt à se coaguler, la fibrine en se solidifiant s'attache à ces verges et, ne se réunissant plus en masse, laisse les hématies en liberté (fig. 66). Le sang ainsi défibriné reste par conséquent liquide et rouge, comme le sang normal.

En prenant certaines précautions de nature à retarder la coagulation spontanée du sang et en filtrant ce liquide, on peut aussi en séparer les hématies tout en laissant la fibrine,



et alors le caillot formé par cette substance, au lieu d'être rouge, est incolore.

Enfin il est aussi à noter que dans quelques circonstances les hématies se déposent au fond du vase contenant le sang avant que la solidification de la fibrine ne se soit effectuée ; alors le caillot n'est rouge que dans sa partie inférieure et présente à sa partie supérieure une couche légèrement jaunâtre appelée *Couenne;* particularité qui s'observe principalement dans le sang provenant de malades atteints d'affections dites inflammatoires. Les physiologistes ne sont pas d'accord relativement à l'état dans lequel la fibrine se trouve dans le liquide du sang; les uns pensent qu'elle y est en dissolution et ils désignent sous le nom de *plasma* le sérum qui en serait chargé; d'autres pensent qu'elle est contenue dans les leucocystes et qu'elle s'en échappe pour constituer au moment de la coagulation une sorte de réseau filamenteux. Chez les animaux à sang blanc la coagulation spontanée de ce liquide s'effectue à peu près de la même manière et donne naissance à une masse gélatineuse presque incolore.

§ 52. La composition chimique du sang est fort complexe et très variable parce que la plupart des substances qui pénètrent dans l'économie animale ou qui doivent être excrétées y passent et s'y mêlent aux matières qui en forment les matériaux constitutifs essentiels. Ceux-ci sont : 1° de l'eau en proportion très considérable (plus de 7 dixièmes de son poids); 2° des principes immédiats albuminoïdes qui sont en dissolution dans le sérum; 3° de la fibrine; 4° des composés azotés de même ordre qui entrent dans la composition des globules et qui se trouvent ainsi que la fibrine dans le caillot; 5° des matières grasses; 6° des sels et autres composés minéraux.

L'**Albumine** du sérum ou la *Sérine* ne diffère que peu de l'albumine du blanc d'œuf ; elle est soluble dans l'eau et elle peut être solidifiée par la dessiccation à froid sans perdre cette solubilité ; mais sous l'influence d'une température d'environ

60 ou 70 degrés elle se modifie profondément ; elle se coagule et devient insoluble, comme le blanc d'œuf cuit. Elle se coagule également par l'action de quelques agents chimiques avides d'eau, l'alcool par exemple, ou en se combinant avec diverses matières minérales telles que le sublimé corrosif ou deutochlorure de mercure ; enfin elle est susceptible de former avec les alcalis des composés qui sont au contraire très solubles dans l'eau. Elle est très riche en azote et elle joue dans le sang un rôle des plus importants ; elle s'y trouve en plus grande proportion que toute autre matière organique, et cette proportion varie beaucoup parce que journellement de nouvelles quantités d'albumine formées par les produits de la digestion y sont introduites et que, d'autre part, elle est employée par l'organisme pour l'entretien du travail nutritif. Dans le sang humain elle constitue d'ordinaire environ 7/100e du poids de ce liquide, et il est à noter qu'elle se trouve dans presque tous les autres liquides de l'économie animale.

La **fibrine** est une matière albuminoïde qui ressemble beaucoup à l'albumine par sa composition ainsi que par ses principales propriétés chimiques, mais qui ne se trouve qu'en très petite quantité dans le sang normal. Chez l'Homme en temps de santé elle ne représente qu'environ 2 ou 3 millièmes du poids de ce liquide, et elle n'atteint 5 ou 6 millièmes que sous l'influence d'états pathologiques tels que des inflammations locales.

Ce sont aussi des matières abuminoïdes qui jouent le principal rôle dans la constitution des globules du sang. Elles varient un peu dans leurs propriétés suivant qu'elles contribuent à former les parois membraniformes des hématies, la substance molle ou *stroma* qui est logée dans ces utricules, ou le noyau qui chez les plus jeunes mammifères, ainsi que chez tous les Vertébrés des classes inférieures, occupe le centre de ces globules, et les chimistes désignent ces diverses substances protéiques sous des noms différents : *globuline, nucléine*, etc.



La plus remarquable est celle qui constitue la matière colorante des globules rouges et qui est appelée *hémoglobuline*. Le fer en petite proportion est un de ses éléments constitutifs ; elle s'associe facilement à l'oxygène, ainsi qu'à d'autres gaz tels que l'oxyde de carbone ; elle est susceptible de cristalliser et elle peut donner naissance à divers produits qui en diffèrent par des caractères chimiques plus ou moins importants.

§ 53. Les matières minérales qui, associées à l'eau et aux principes immédiats dont je viens de parler, entrent dans la composition du sang sont principalement du sel marin ou chlorure de sodium, du phosphate de soude, du phosphate de potasse et du carbonate de soude. Le phosphate de potasse paraît être nécessaire à la constitution des hématies et s'y trouve en proportion beaucoup plus considérable que dans le sérum. Le phosphate et le carbonate de soude, à raison de leur action sur l'acide carbonique, ont un rôle important dans le travail respiratoire, phénomène dont nous aurons à nous occuper bientôt ; enfin le chlorure de sodium est nécessaire à l'existence des hématies, car l'eau qui ne contient pas une proportion suffisante de ce corps détériore rapidement et désorganise même les hématies.

Le sang contient aussi beaucoup d'autres substances qui pour la plupart ne sont pas nécessaires à sa constitution, mais qui s'y trouvent parce que ce liquide est un véhicule par l'intermédiaire duquel les matières étrangères sont introduites dans les profondeurs de l'organisme, et d'autres matières produites par le travail chimico-physiologique dont l'économie animale est le siège sont transportées vers le dehors pour être ensuite expulsées de la machine vivante.

Le sang au contact de l'oxygène absorbe ce gaz qui paraît se fixer sur les globules et il prend alors une teinte plus claire et d'un rouge vermeil ; au contraire quand il est privé d'oxygène et chargé d'acide carbonique il devient d'un brun foncé.

Enfin dans certains cas des Végétaux microscopiques ou des animalcules d'une petitesse extrême, que l'on désigne d'une manière générale sous le nom de *Microbes*, pénètrent dans le sang, vivent à ses dépens, et s'y multiplient avec une grande rapidité en produisant dans l'économie des désordres d'une extrême gravité. Beaucoup de maladies infectieuses sont dues à la présence de corpuscules de ce genre dans le liquide nourricier. Ainsi les êtres microscopiques appelés *Bactéridies* (fig. 67), lorsqu'ils ont été introduits dans l'organisme par une plaie, pénètrent dans le torrent de la circulation et y pullulent en déterminant dans le tissu conjonctif la formation de tumeurs gangréneuses connues sous le nom de *Charbon*.

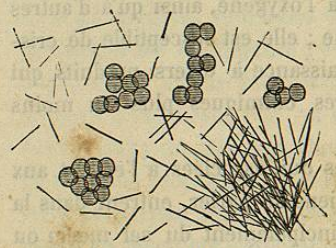

Fig. 67. — Sang charbonneux.

§ 54. En somme le sang est un mélange qui d'une part s'appauvrit sans cesse en fournissant aux diverses parties de l'économie animale les matières nécessaires à l'accomplissement du travail physiologique dont ces parties sont le siège et d'autre part s'enrichit en même temps, soit par l'arrivée de matériaux nouveaux fournis par les produits de la digestion ou absorbés directement du dehors, soit par le développement de nouvelles hématies dans l'intérieur de l'organisme. Sa richesse varie suivant les rapports qui existent entre la recette et la dépense ; l'organisme ne fonctionne d'une manière normale qu'à la condition du maintien d'un certain équilibre entre ces deux facteurs, et lorsque la recette est insuffisante il y a affaiblissement physiologique ou même cessation de la vie.

§ 55. Chez les animaux les plus inférieurs, tels que les Méduses et les Polypes, il n'y a pas de sang et cet agent a ordinairement comme substitut du *séro-chyme*, liquide résultant du



mélange de l'eau arrivant directement du dehors et des produits du travail digestif. Chez les Êtres vivants les plus simples, les Éponges par exemple, ce n'est même que de l'eau chargée accidentellement de matières nutritives.

## PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES ET USAGES DU SANG.

§ 56. Le sang est l'agent indispensable de l'activité vitale. Sans lui aucune fonction ne peut s'exécuter, et s'il vient à faire défaut, l'animal tombe dans un état de faiblesse extrême, puis meurt.

C'est ainsi que si l'on ouvre une artère, et que l'on laisse le sang s'écouler, l'animal s'affaiblit peu à peu, perd le sentiment et le mouvement, et si l'on n'arrête pas l'écoulement de ce liquide, la mort arrive par **hémorrhagie**, quand l'animal a perdu environ $\frac{1}{10}$ de son poids. Mais si, après avoir oblitéré l'artère, on fait rentrer dans les vaisseaux, à l'aide d'une seringue, le sang qui vient de s'écouler, on verra l'animal se relever, et au bout de quelques instants ses fonctions se rétabliront, comme si rien ne s'était passé. Cette expérience avait donné aux médecins du dix-septième siècle la pensée de guérir les maladies par la **transfusion**, c'est-à-dire en substituant au sang d'un malade, le sang d'un animal bien portant. Le plus souvent ils choisissaient du sang de bœuf ou de mouton, pour l'injecter dans les veines de l'homme, et toujours leurs expériences étaient suivies de la mort du patient. Enfin, un arrêt du Parlement défendit ces expériences. Il y a près de cinquante ans ce sujet a été repris, et l'on a vu que la transfusion pouvait réussir, lorsque l'on employait le sang d'un animal de la même espèce que celui sur lequel on expérimentait; que, dans le cas contraire, la mort était la conséquence infaillible de l'opération. On a constaté également que du sang privé de globules n'agissait pas, et que du sang

dépouillé de fibrine ranimait l'animal, mais ne le rétablissait jamais complètement.

Quand le sang, par une cause quelconque, ne peut plus se rendre dans un organe, cet organe ne tarde pas à s'atrophier et à périr ; si, pendant un instant seulement, le cerveau ne reçoit plus de sang, l'animal tombe en syncope. Au contraire, lorsqu'un organe ou une partie quelconque du corps reçoit beaucoup de sang, quand la circulation y est rapide, cette partie prend un grand développement; c'est pour cette raison que l'exercice musculaire qui active la circulation a, en général, pour résultat, l'augmentation de volume des membres qui en sont le siège.

## CIRCULATION.

§ 57. Le liquide nourricier n'est pas en repos dans l'économie animale, une sorte d'irrigation physiologique est partout nécessaire à l'entretien du travail vital et, chez l'Homme ainsi que chez tous les animaux qui sont pourvus de sang, cet agent circule sans cesse dans l'intérieur de l'organisme. Presque toujours aussi les courants formés par le sang sont dirigés de façon à passer alternativement dans la profondeur des parties où le travail nutritif s'accomplit et dans des parties plus ou moins superficielles de l'organisme où ce liquide peut se mettre en rapport avec le milieu ambiant, par exemple avec l'air atmosphérique, de manière à y puiser l'oxygène et y verser les produits d'une sorte de combustion intérieure. Les organes affectés à l'établissement de ces relations entre le sang et le monde extérieur sont appelés d'une manière générale les *organes respiratoires* ; chez l'Homme et la plupart des animaux terrestres, ce sont les poumons qui remplissent cette fonction, et l'irrigation physiologique s'opère à l'aide de deux systèmes de conduits tubulaires, contenant le sang et en communication avec un organe moteur qui est le cœur. L'un



de ces systèmes est constitué par les vaisseaux appelés *veines* ; l'autre par des vaisseaux analogues, appelés *artères*.

Les physiologistes de l'antiquité et du moyen âge ne connaissaient pas les relations fonctionnelles qui existent entre ces différents organes et pensaient que le sang n'exécutait dans ces vaisseaux que des mouvements de va-et-vient comparables au flux et au reflux de la mer à l'embouchure de certains fleuves. La découverte du phénomène de la circulation ne date que du commencement du XVII^e siècle et elle est due presque entièrement à des recherches de physiologie expérimentale faites par un médecin anglais, nommé Harvey. Un des précurseurs de ce physiologiste illustre, Michel Servet, avait vu que dans le corps humain le sang doit passer alternativement du cœur aux poumons et des poumons au cœur, mais la circulation générale lui était complètement inconnue, et lorsqu'en 1816, Harvey en annonça l'existence il ne rencontra guère que des incrédules et il fallut bien des années pour que cette découverte fût acceptée par tous les médecins et les naturalistes.

## COEUR.

§ 58. Le cœur est un organe charnu qui fonctionne à la manière d'une pompe foulante ; il est creux et reçoit le sang dans son intérieur par l'intermédiaire des veines qui y débouchent et ses parois, en se contractant, poussent ensuite ce liquide dans le système artériel avec lequel sa cavité est également en communication.

Dans l'espèce humaine ainsi que chez tous les autres Vertébrés à respiration aérienne le cœur est placé entre les poumons à la partie supérieure (ou antérieure) du tronc (fig. 11 et chez les Mammifères la portion des cavités viscérales que loge cet organe est nettement séparée de l'abdomen ou ventre et a reçu le nom de *thorax* (fig. 114).

Le cœur y est suspendu librement dans l'intérieur d'une sorte de sac membraneux de nature séreuse appelé *péricarde*, et sa disposition est la même que chez les autres vertébrés où la cavité thoracique est plus ou moins complètement confondue avec la cavité abdominale.

Chez l'Homme ainsi que chez tous les autres Mammifères, le cœur est divisé en quatre cavités dont les deux principales

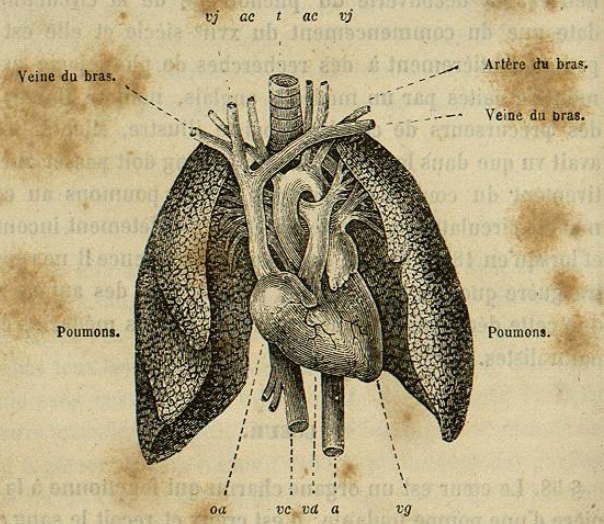


Fig. 68. — Poumons, cœur et principaux vaisseaux de l'Homme (*).

placées l'une à côté de l'autre sont appelées *ventricules* et dont les autres situées au-dessus des précédentes sont désignées sous le nom d'*oreillettes* (fig. 69). La moitié droite du cœur de même que la moitié gauche est donc divisée en deux étages constitués l'un par le ventricule, l'autre par l'oreillette et ces deux cavités communiquent entre elles par un large orifice

(*) *od*, *vd*, oreillette et ventricule droits ; — *vg*, ventricule gauche ; — *a*, artère aorte ; — *ac*, artères carotides ; — *vc*, veine cave inférieure ; — *vj*, veines jugulaires ou veines du cou ; — *t*, trachée.



appelé *ouverture auriculo-ventriculaire* (fig. 78) ; mais à l'état parfait elles sont complètement séparées l'une de l'autre par

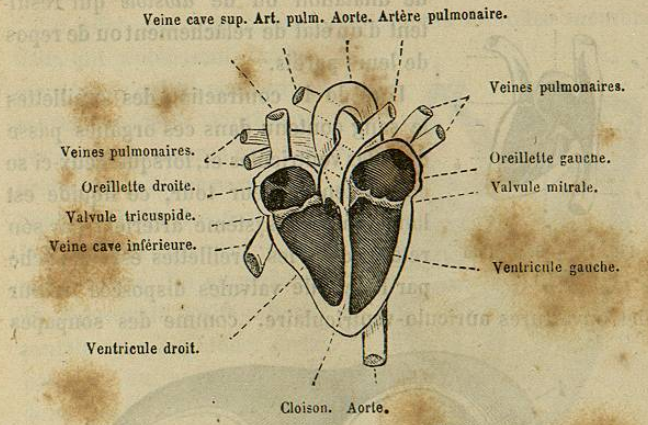


Fig. 69. — Coupe théorique du cœur de l'Homme.

une cloison médiane. Les parois musculaires du cœur sont très épaisses, surtout dans la partie inférieure qui constitue les ventricules. Chez la plupart des Mammifères les fibres musculaires se continuent sans interruption d'un ventricule à l'autre, de façon à les unir d'une manière intime. Chez le Dugong ils sont en grande partie séparés ainsi que les oreillettes, de sorte qu'il semble y avoir deux cœurs simples (fig. 70). Les parois du ventricule gauche sont plus puissantes que celles du ventricule droit. Car, comme nous le verrons, elles doivent déployer plus de force que celles de ce dernier ventricule. Le système veineux débouche dans les oreillettes ; les ventricules communiquent directement avec le système artériel et les deux étages car-

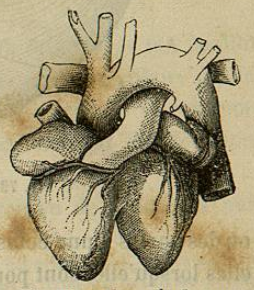

Fig. 70. — Cœur du Dugong.