

peut absorber, car elle ne contient pas de glandes sébacées et elle est mouillée par l'eau. Vient-on à enlever l'enduit sébacé par le savonnage ou avec l'éther, la peau absorbe alors assez activement; il en est de même lorsque la couche cornée de l'épiderme est enlevée (par un vésicatoire par exemple).

La peau peut aussi absorber des corps gras; mais il faut faire intervenir dans ce cas une action mécanique, la friction. On sait que la friction de la peau avec des onguents est employée en médecine pour faire pénétrer dans l'organisme divers médicaments (iodure de potassium, mercure, etc.).

Parmi les muqueuses qui représentent au point de vue embryologique des dépendances de la peau ou de la muqueuse digestive, toutes absorbent facilement. Il n'y a d'exception que pour la muqueuse vésicale. L'absorption par la conjonctive est utilisée par les ophtalmologistes pour produire une action locale de certains poisons (action anesthésique de la cocaïne, action mydriatique de l'atropine). Les muqueuses du larynx, des fosses nasales, de la trachée et des bronches, les alvéoles pulmonaires absorbent d'une façon évidente. Le poumon n'absorbe pas seulement les gaz, mais aussi les liquides: l'eau que l'on introduit dans les bronches d'un animal est résorbée très rapidement. Il en va de même des liquides que l'on fait pénétrer dans les cavités sereuses (plèvre, péritoine, synoviales).

CHAPITRE III

CIRCULATION

Les substances absorbées par les surfaces épithéliales sont immédiatement prises et transportées jusqu'aux éléments anatomiques par le torrent circulatoire; inversement, les produits de déchets provenant de l'activité vitale des éléments anatomiques sont portés jusqu'aux organes chargés de les éliminer (épithéliums glandulaires). Assurer les échanges nutritifs entre les tissus superficiels (c'est-à-dire les épithéliums) et les tissus profonds, par un double courant afférent et efférent, tel est donc le but de la circulation. Pour cela, il faut un véhicule, une masse liquide à mouvoir; le véhicule, c'est le milieu intérieur (sang et lymphe): nous nous en occuperons tout d'abord; le mouvement imprimé à cette masse liquide constitue la circulation proprement dite: nous l'étudierons sous le titre de mécanique circulatoire; la régulation de ce mouvement est opérée par le système nerveux: nous terminerons donc le chapitre de la *Circulation* par l'étude des influences qu'exerce le système nerveux sur le mouvement du sang.

ARTICLE PREMIER

SANG ET LYMPHE

CL. BERNARD a désigné avec raison le sang et la lymphe sous le nom de *milieu intérieur*. C'est, en effet, dans ce milieu intérieur que vivent les tissus, et le sang et la lymphe sont les

intermédiaires entre le milieu extérieur et les éléments anatomiques. Remarquons cependant que ces éléments ne sont point en contact intime avec le sang lui-même, mais seulement avec la lymphe; car le sang est contenu dans un système de vaisseaux absolument clos, et les cellules de nos tissus ne sont réellement baignées que par le liquide qui transsude à travers les parois des capillaires; ce liquide, c'est le *plasma interstitiel* que l'on confond en général avec la lymphe; cette lymphe, qui circule dans les interstices lacunaires des tissus, apporte aux éléments anatomiques leurs matériaux nutritifs et reçoit leurs produits de désassimilation; elle est reprise ensuite par les vaisseaux lymphatiques et devient alors la *lymphe canalisée*. Le système lymphatique constitue, comme on le voit, un appareil de drainage, et l'irrigation des tissus de l'organisme apparaît de la sorte absolument analogue à l'irrigation et au drainage d'une prairie. Les matériaux de déchet de la vie cellulaire contenus dans le plasma interstitiel ne sont pas repris seulement par la lymphe; ils repassent aussi partiellement dans les capillaires, pour être emportés par le sang veineux; d'où il résulte que, tandis que l'appareil d'alimentation est simple (système artériel), l'appareil de drainage est double et constitué à la fois par les veines et les lymphatiques.

§ 1. — SANG

Le sang est un liquide qui tient en suspension des éléments figurés ou globules. Ses caractères généraux, sa composition, son rôle dans l'organisme, sa formation et sa destruction, les principales altérations pathologiques qu'il peut présenter, fixeront successivement notre attention.

A) CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU SANG

Le sang est rouge chez tous les vertébrés et incolore chez la plupart des invertébrés. Le sang artériel est rouge vermeil; le sang veineux rouge foncé, noir. Ces différences de couleur sont liées aux différences de quantité d'oxygène combiné à l'hémoglo-

bine; le sang artériel devient noir au contact d'un agent réducteur, et le sang veineux redevient vermeil quand on l'agite avec de l'air. Le sang a une saveur légèrement salée, une odeur *sui generis* due aux acides gras qu'il contient; l'addition d'acide sulfurique accentue cette odeur en mettant les acides gras en liberté. Sa densité très variable est en moyenne de 1,055, sa réaction toujours alcaline. Extrait des vaisseaux, le sang ne tarde pas à se prendre en masse; il se caille ou se *coagule* pour employer le terme technique, et le *caillot* en se rétractant exprime un liquide clair et jaunâtre qu'on appelle *sérum*.

La quantité totale de sang contenue dans le corps est difficile à apprécier exactement. La saignée dite à blanc laisse encore dans les vaisseaux une notable quantité de sang. Cette quantité peut être évaluée avec une approximation suffisante par la *méthode colorimétrique* de WELCKER. Après avoir retiré par saignée à un animal tout le sang qu'il est possible de recueillir, on lave le système circulatoire en injectant de l'eau dans les vaisseaux. Les eaux de lavage colorées par le sang sont réunies, et on apprécie leur pouvoir colorant. Pour savoir ce qu'elles contiennent de sang, on n'a qu'à comparer ce pouvoir colorant à celui d'un échantillon de la saignée que l'on dilue avec une quantité d'eau connue. Un simple calcul de proportion donne alors la quantité de sang de l'eau de lavage, et en lui ajoutant celle de la saignée que l'on obtient par une pesée directe, on a la quantité totale. Cette dernière est pour l'homme adulte de cinq à six litres, ou en poids 5 ou 6 kilogrammes et demi, soit le 1/10 ou le 1/13 du poids du corps. Ces chiffres constituent une moyenne; car la masse du sang est soumise à de grandes variations; elle augmente après les repas, et au contraire diminue beaucoup dans l'état de jeûne, par suite de la perte d'eau que subit l'organisme.

B) COMPOSITION DU SANG

Il faut distinguer la composition morphologique et la composition chimique du sang. Au point de vue morphologique le sang est formé d'une partie solide, les *globules*, et d'une partie liquide le *plasma*. Au point de vue chimique, il a une composition très

complexe, et le phénomène de la coagulation vient de plus en plus en augmentant les difficultés d'analyse.

1° Caractères morphologiques du sang. — Lorsqu'on reçoit le sang d'une saignée dans une éprouvette et qu'on retarde sa coagulation par un des moyens que nous indiquerons plus loin, les globules, en raison de leur densité plus grande, tombent au fond du vase et forment une couche solide au-dessus de laquelle se trouve la couche liquide ou *plasma*. Cette couche liquide est incolore ou légèrement ambrée, la couche de globules est rouge; ce sont donc les globules qui donnent au sang sa couleur. Mais la partie solide n'est pas d'un rouge uniforme sur toute sa hauteur: dans les couches supérieures, elle est d'un rouge plus clair, et la couche la plus superficielle peut même être constituée complètement par un dépôt blanchâtre. La raison en est que cette partie solide est formée par deux sortes d'éléments: les *globules rouges* et les *globules blancs*, et que les globules blancs, se précipitant moins vite que les globules rouges, s'accumulent dans la partie supérieure du dépôt. Si l'on décante le plasma et qu'on l'abandonne à lui-même, il donne bientôt un coagulum semblable à une gelée transparente qui en se rétractant exprime le *sérum*. La partie du sang qui constitue le caillot est la *fibrine*: le sérum représente donc le plasma moins la fibrine. Lorsqu'on bat le sang à sa sortie du vaisseau avec un balai, la fibrine se coagule sous forme de filaments blanchâtres dans les brindilles du balai, et le sang ainsi défibriné n'est plus coagulable; abandonné à lui-même, il se sépare en deux couches, les globules et le sérum. Si le caillot qui se forme dans le sang entier au moment de la coagulation est rouge, c'est que la fibrine en se concrétant constitue un réseau de fibrilles, une sorte de masse spongieuse qui emprisonne dans ses mailles les globules du sang. Mais que l'on malaxe ce caillot sous un filet d'eau, les globules seront entraînés par l'eau, et il restera dans les doigts de l'opérateur un résidu blanchâtre de fibrine. Lorsque la coagulation se produit lentement dans le sang entier, la partie supérieure du caillot peut avoir une coloration blanche; on a désigné cette partie sous le nom de *couenne* du sang; d'après ce que nous avons dit plus

haut sur la précipitation des globules, on comprend facilement que la couenne est formée par le réseau de fibrine emprisonnant les globules blancs. L'étude morphologique détaillée des globules sanguins se trouve dans les traités d'histologie. Nous ne ferons qu'en indiquer les points les plus importants.

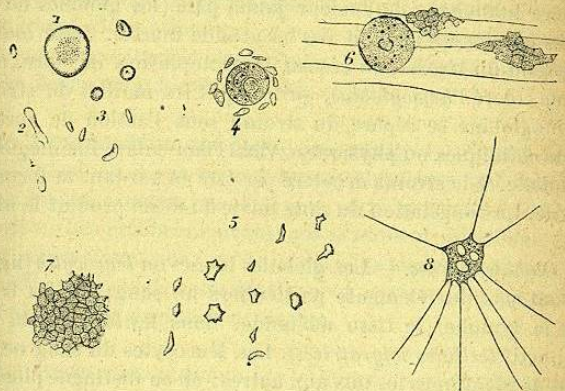


Fig. 31.

Éléments morphologiques du sang (LANDOIS, BIZZOZERO et LÖEKER).

1, globule rouge vu de face. — 2, globule rouge vu de profil. — 3, plaquettes sanguines normales. — 4, cellule lymphatique entourée de plaquettes sanguines. — 5, formes altérées des plaquettes sanguines. — 6, cellule lymphatique avec deux amas de plaquettes sanguines accolées et des filaments de fibrine. — 7, amas de plaquettes sanguines agglutinées. — 8, amas de plaquettes sanguines en partie dissoutes avec des filaments de fibrine accolés.

a. *Globules rouges.* — Les globules rouges ou *hématies* ont la forme de disques biconcaves à bords arrondis (fig. 31, 1 et 2); ces disques sont circulaires chez l'homme et presque tous les mammifères, elliptiques chez les oiseaux et les reptiles. Chez ces derniers, ils sont tous nucléés, mais chez tous les mammifères ils ne contiennent point de noyau, sauf pendant la période embryonnaire. Chez l'homme ils ont 7 μ de diamètre. Leur nombre est approximativement de 5 millions par millimètre cube; tel est le chiffre moyen que l'on obtient par les méthodes de numération de MALASSEZ, de HAYEM; le principe de ces méthodes est de faire subir au sang un degré de dilution connu,

afin de pouvoir compter facilement sous le microscope les globules contenus dans un volume déterminé. Les globules sanguins sont très élastiques et malléables; aussi se déforment-ils très facilement pour passer dans des vaisseaux de diamètre plus petit que le leur. Leur substance est molle et formée d'une matière homogène de couleur jaune pâle (les globules ne sont rouges que lorsqu'ils sont vus en grande masse). Cette matière comprend un *stroma*, ou réseau de protoplasma incolore, et un liquide coloré l'*hémoglobine*, qui remplit les mailles du stroma. L'hémoglobine se sépare du stroma sous l'action de certains agents chimiques ou physiques. Ainsi l'eau enlève l'hémoglobine au globule, et le stroma décoloré persiste en gardant la forme du globule. La congélation du sang suivie du dégel produit le même effet.

b. *Globules blancs*. — Les globules blancs ou *leucocytes* (fig. 31) ne sont pas des éléments particuliers au sang; on les trouve dans la lymphe, le tissu adénoïde, dans les lacunes du tissu conjonctif (*cellules migratrices*). Les leucocytes du sang ne sont pas tous identiques les uns aux autres; on en distingue plusieurs espèces différant par leurs caractères morphologiques et chimiques: 1° les *grands leucocytes mononucléaires* dont le noyau unique se colore facilement par les couleurs d'aniline, et les *lymphocytes*, petites cellules à protoplasma clair à un seul noyau fortement colorable; 2° les *cellules éosinophiles* d'EHRlich, caractérisées par un noyau volumineux, peu colorable, et un protoplasma rempli d'un grand nombre de granulations ayant une forte affinité pour les couleurs d'aniline acides, spécialement l'éosine, d'où leur nom; 3° les *leucocytes polynucléaires*, à protoplasma abondant et le plus souvent homogène contenant plusieurs noyaux, ou du moins un noyau découpé en plusieurs lobes ou en forme de bissac. Les leucocytes de cette dernière espèce sont les plus nombreux, et ils sont doués de *mouvements amiboïdes* très actifs. On compte dans le sang un leucocyte pour 360 à 1.000 globules rouges.

c. *Autres éléments morphologiques*. — Les autres éléments morphologiques que contient le sang sont les *plaquettes sanguines* de Bizzozero et des *granulations élémentaires*. Les pla-

quettes sanguines ont la forme de petits disques biconcaves, incolores, de 3 μ de diamètre en moyenne, très altérables dans le sang extrait des vaisseaux. Bizzozero pense qu'elles fournissent dans la coagulation les éléments de la fibrine. Ce sont ces mêmes éléments qu'HAYEM avait désignés sous le nom d'*hématoblastes*, croyant qu'ils étaient les formateurs des globules rouges. Les granulations élémentaires sont des fragments irréguliers de protoplasma détachés des cellules lymphatiques ou provenant de la destruction des éléments du sang.

2° **Composition chimique du sang**. — Nous passerons rapidement en revue les substances chimiques que contient le sang, les gaz exceptés, dont il sera parlé au chapitre de la *Respiration*. Les nombres suivants qui expriment cette composition sont schématisés, pour qu'ils soient plus faciles à retenir.

1 000 grammes de sang contiennent environ 350 grammes de globules et 650 grammes de plasma.

A. COMPOSITION CHIMIQUE DES GLOBULES. — Les 350 grammes de globules contenus dans 1 000 grammes de sang renferment 230 grammes d'eau et 120 grammes de matières solides. Parmi ces 120 grammes de matières solides, nous trouvons 100 grammes d'*hémoglobine*, 10 grammes de *matières albuminoïdes*, 5 de *lécithine* et *cholestérine*, 5 de *sels minéraux*.

a. *Hémoglobine*. — L'hémoglobine est la matière colorante du sang; elle est cristallisable; ses cristaux rouges ont une forme variable suivant les espèces animales, celle de prismes rhomboïdaux chez l'homme (fig. 32). Elle possède la remarquable propriété d'absorber l'oxygène pour former avec ce gaz une combinaison, à la vérité très lâche et très instable, l'*oxyhémoglobine*; 100 grammes d'hémoglobine pure absorbent 140 centimètres cubes d'oxygène.

À l'examen spectroscopique, les solutions d'oxyhémoglobine donnent deux *bandes d'absorption* dans la zone jaune verte du spectre entre les raies D et E (fig. 33, 2). Si l'on verse dans la solution un agent réducteur, du sulfhydrate d'ammoniaque par exemple, les deux bandes d'absorption se confondent en une

seule plus large, occupant une position intermédiaire à chacune d'elles; c'est la *bande de réduction* de STOKES caractéristique du spectre de l'hémoglobine réduite (fig. 33, 4). La réduction de l'oxyhémoglobine s'opère dans les tissus, ainsi que l'a démontré l'analyse spectrale du sang de la pulpe des doigts. L'hémoglobine peut aussi se combiner à l'oxyde de carbone (*carboxyhémoglobine*, qui donne un spectre presque semblable à

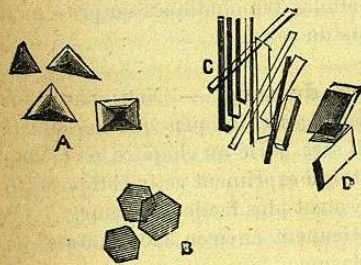


Fig. 32.

Cristaux d'hémoglobine.

A, du cobaye. — B, de l'écureuil.
C, D, de l'homme.

celui de l'oxyhémoglobine, fig. 33, 3); mais, à l'inverse de ce qui existe pour celle-ci, cette combinaison de l'hémoglobine avec l'oxyde de carbone est fixe et n'est pas détruite par les agents réducteurs; c'est précisément ce qui lui donne sa toxicité, ainsi que l'a démontré CL. BERNARD. Aussi, quand un animal meurt d'asphyxie simple, tout son sang chargé d'hémoglobine réduite est noir; tandis que lorsqu'il succombe à l'intoxication par l'oxyde de carbone, son sang est rouge vermeil, même son sang veineux.

L'hémoglobine a une structure chimique complexe: elle est dédoublée par les acides et les bases en une substance albuminoïde incolore (*globuline*) et en une matière colorante brune contenant du fer, l'*hématine*. Le fer fait donc partie constituante de la molécule d'hémoglobine; il est peu abondant; la totalité du sang ne renferme que 3 grammes de fer. Pour doser l'hémoglobine dans le sang, la méthode la plus pratique est la méthode colorimétrique (comparaison du pouvoir colorant du sang avec celui d'une solution d'hémoglobine titrée, au moyen des appareils appelés colorimètres).

Parmi les dérivés les plus importants de l'hémoglobine et de l'hématine citons: la *méthémoglobine*, matière colorante brune (couleur du sang desséché sur le linge) qui est probablement

un bioxyde d'hémoglobine; l'*hémochromogène* ou *hématine réduite* qui prend naissance lorsqu'on fait agir des corps réducteurs sur l'hématine; l'*hématoïdine* que l'on rencontre sous forme de cristaux orangés dans les anciens foyers hémorragiques, et que l'on considère comme identique à la *bilirubine*:

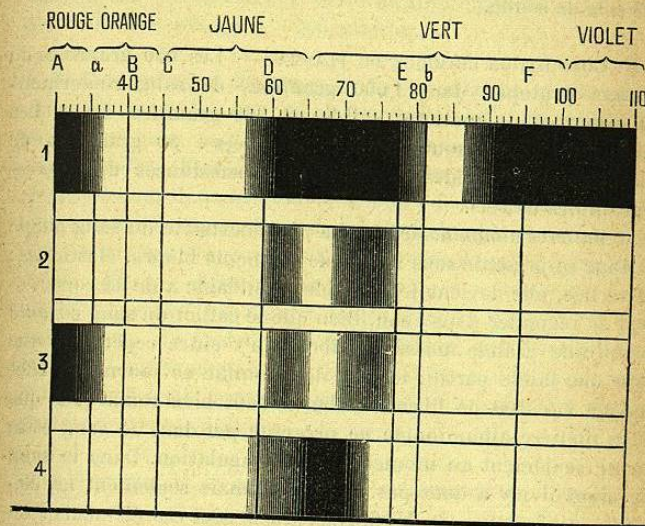


Fig. 33.

Spectres d'absorption du sang.

1, oxyhémoglobine (solution concentrée). — 2, oxyhémoglobine (solution diluée).
3, hémoglobine oxycarbonée. — 4, hémoglobine réduite.

sa composition se rapproche beaucoup de celle de l'hématine, mais elle ne contient pas de fer. L'hématine peut former des sels; l'un d'eux le chlorhydrate d'hématine ou *hémine*, se présente sous forme de cristaux microscopiques rhomboédriques, de couleur brune (cristaux de TEICHMANN), dont la constatation est très importante dans les recherches médico-légales.

b. *Matières albuminoïdes*. — Les substances albuminoïdes du stroma globulaire sont représentées par de la *globuline*, et une

matière albuminoïde unie à de la nucléine. Les leucocytes contiennent aussi des matières albuminoïdes; ils renferment, en outre, de la nucléine, du glycogène.

c. *Sels*. — Les sels contenus dans les globules sont des *sels de potasse* (phosphate de K), tandis que ceux du plasma sont des sels de soude.

B. COMPOSITION CHIMIQUE DU PLASMA. — Les 650 grammes de plasma contenus dans 1 000 grammes de sang renferment 90 grammes de matières solides et 560 grammes d'eau. Les matières solides sont ainsi représentées : 80 grammes de matières albuminoïdes, 4 grammes de substances diverses et 6 grammes de sels.

a. *Matières albuminoïdes*. — La *fibrine* extraite du sang par le battage se présente sous forme de filaments blancs, élastiques; desséchée, elle devient translucide, semblable à de la corne, et peut se regonfler dans l'eau. Bien que le caillot du sang coagulé forme une grande masse, la fibrine n'y entre cependant que pour une faible partie; le sang de l'homme ne fournit en effet que 2 à 4 p. 100 de fibrine sèche. Il faut bien remarquer que cette matière albuminoïde *ne préexiste pas* dans le sang et se forme seulement au moment de la coagulation. Dans le sang circulant il n'y a donc pas de fibrine, mais seulement les éléments générateurs de la fibrine. Quels sont ces éléments? Ce sont deux substances albuminoïdes du groupe des globulines : la matière *fibrinogène* et la *paraglobuline*. La fibrine se forme par la solidification du fibrinogène en présence d'un ferment spécial (*fibrin-ferment*), et, lorsque le sérum s'est séparé du caillot, on y trouve la paraglobuline (20 à 40 p. 100) et une autre matière albuminoïde appelée *albumine du sérum* ou *sérine* (30 à 40 p. 100) voisine par ses propriétés de l'albumine d'œuf. Fibrinogène, paraglobuline et sérine, voilà donc les trois matières albuminoïdes du plasma; le sérum ne contient que les deux dernières. Ces matières se différencient notamment par leur température de précipitation. Le fibrinogène se coagule à 56°, la paraglobuline à 68-75° et la sérine vers 80° C.

b. *Substances diverses*. — On trouve dans le plasma en petite

quantité du glucose, de l'urée, des matières grasses, des matières extractives, une substance colorante jaunâtre analogue à la lutéine.

c. *Sels minéraux*. — Les sels minéraux du plasma sont des *sels de soude* (carbonates et phosphates). Ce sont eux qui donnent au sang la réaction alcaline. Cette alcalinité répond à celle d'une solution de soude à 2 p. 1 000 environ.

3° **Coagulation du sang**. — La coagulation est un phénomène de mort du sang. Dans l'intérieur des vaisseaux le sang ne se coagule pas, tant que les parois de ces vaisseaux sont intactes. HEWSON, BRÜCKE ont bien démontré ce fait; le sang contenu dans la veine jugulaire d'un cheval isolée entre deux ligatures et séparée du corps de l'animal ne se coagule pas; mais que l'on vienne à introduire dans ce tronçon veineux un corps étranger, une aiguille, à détruire la vitalité de sa paroi par un moyen quelconque, la coagulation apparaît. C'est, du reste, pour cette raison, parce qu'elles produisent l'écrasement de la tunique interne des parois vasculaires, que les ligatures chirurgicales des vaisseaux réalisent une hémostase définitive.

A. THÉORIES DE LA COAGULATION. — La cause de la coagulation ne peut être trouvée ni dans le contact de l'air avec le sang, ni dans le refroidissement du sang. Son mécanisme a été en partie élucidé par les travaux de DENIS (de Commercy) et de A. SCHMIDT.

a. *Théorie de Denis*. — DENIS sépara du plasma par le chlorure de sodium une substance albuminoïde qu'il appela *plasmine*. Cette plasmine dissoute dans l'eau jouit de la propriété de donner un coagulum, comme le plasma total. DENIS admit que la coagulation est due à la décomposition de la plasmine en deux substances : la *fibrine concrète* et la *fibrine dissoute*.

b. *Théorie de Schmidt*. — Mais SCHMIDT montra que la plasmine de Denis n'est pas une substance simple, mais un composé de fibrinogène et de paraglobuline, que la formation de la fibrine concrète est due à la combinaison de ces deux substances, et que la fibrine dissoute n'est pas autre chose que la