

maximum d'éloignement du sol. Il n'en est rien : le temps de suspension correspond au moment où le corps est à son minimum d'élévation : ce temps de suspension ne tient donc pas à ce que le corps est projeté en l'air, mais à ce que les jambes se sont retirées du sol par l'effet de leur flexion. (Marey.)

QUATRIÈME PARTIE

SANG ET CIRCULATION

DU SANG.

Le sang est un liquide qui, circulant dans l'organisme de la périphérie au centre et du centre à la périphérie, transporte dans l'économie les éléments absorbés par certains globules de la surface, et entraîne les déchets de l'organisme en général vers d'autres globules de la surface, chargés de les rejeter à l'extérieur. Dans ce continuel commerce d'échanges, il est impossible qu'il y ait à chaque instant compensation parfaite, de sorte que le sang n'a pas une composition fixe, normale, typique, et qu'on peut même à un moment donné distinguer plusieurs espèces de sang, notamment le *sang artériel* et le *sang veineux*.

Le sang est donc l'une des principales *humeurs constituantes* (Ch. Robin). En ayant égard à ce fait, que c'est par son intermédiaire que tous les principes introduits dans l'organisme (même les gaz, Voy. Respiration) viennent au contact des éléments anatomiques, c'est-à-dire que ces éléments vivent réellement dans le liquide sanguin, on peut appeler le sang le *milieu intérieur* (Cl. Bernard) (1).

(1) « On donne le nom de *milieux* à l'ensemble des circonstances qui environnent l'être vivant et dans lesquelles il trouve les conditions propres à développer, entretenir et manifester la vie qui l'anime... Il faut distinguer les *milieux cosmiques* (air, eau, aliment, température, lumière, électricité) et les *milieux intérieurs* : les premiers entourent l'individu tout entier; les seconds sont en contact immédiat avec les éléments anatomiques qui composent l'être vivant. » (Cl. Bernard, *Propriétés des tissus vivants*.) — Au point de vue purement anatomique, on a pu considérer le sang comme un *tissu*, ainsi que le font aujourd'hui un grand nombre d'histologistes (Frey, Rouget), et le définir un *tissu cellulaire avec substance intercellulaire liquide*. Il rentre ainsi dans l'une des quatre grandes classes de tissus :

Le sang est d'une couleur rouge vermeille (sang artériel) ou rouge pourpre (sang veineux ou sang noir). Sa densité est de 1,045 à 1,075. Sa réaction est *toujours alcaline* (1) chez tous les animaux et aussi bien dans les conditions morbides que dans les conditions normales. Sa saveur est légèrement salée. Il a une odeur propre, peu prononcée et différente selon les espèces animales.

QUANTITÉ DE SANG. — L'évaluation de la masse totale du sang paraît au premier abord facile à réaliser, mais présente de grandes difficultés pratiques. On admet généralement aujourd'hui que l'organisme humain renferme en moyenne 5 à 6 litres de sang. — Pour évaluer cette masse liquide on avait essayé de *saigner un animal à blanc* (Herbst, Haidenhain), mais il reste toujours dans les vaisseaux une quantité de sang difficile à apprécier. — Une injection complète du système vasculaire, destinée à en mesurer la capacité, ne donne pas des résultats plus recommandables. — Un moyen plus simple et en même temps plus ingénieux est celui qu'a employé Valentin : il consiste à *calculer la quantité de sang, d'après la dilution que lui fait subir l'injection d'une quantité d'eau déterminée*, étant connue la proportion de solide et de liquide qu'il contenait d'abord. Supposons, pour fixer les termes, qu'on ait constaté que le sang d'un animal contient, à un moment donné, 4 parties

1° Tissus cellulaires avec peu ou pas de substance intercellulaire : épithéliums et leurs dérivés (ongles, poils, émail, cristallin).

2° Tissus cellulaires avec substance fondamentale liquide (sang, lymphe, chyle).

3° Tissus cellulaires avec substance fondamentale abondante, muqueuse, hyaline ou fibreuse (cartilage et tous les tissus collagènes ou conjonctifs).

4° Tissus formés par des globules ayant donné lieu par leur juxtaposition à des formes de fibres ou de tubes (muscles, nerfs, vaisseaux, etc.).

(1) D'après la plupart des auteurs (Voyez plus loin), ce seraient le carbonate et le phosphate tribasique de soude qui donneraient au sang sa réaction alcaline ; mais d'après les recherches récentes de Rabuteau, le phosphate tribasique ne peut, sans se décomposer, exister dans le sang riche en acide carbonique : il conclut que l'alcalinité est due au bicarbonate de soude.

de liquide pour 1 de solide, proportion obtenue par l'analyse d'une première saignée. Aussitôt on introduit dans le système vasculaire une quantité d'eau égale à celle du sang qu'on avait retiré, puis on pratique une 2^e saignée, qui naturellement donnera un liquide sanguin plus dilué que celui obtenu par la première. Si par exemple la première saignée était de 10 grammes, et qu'après avoir injecté 10 grammes d'eau, la deuxième saignée amène du sang 2 fois plus aqueux, il sera facile, par une simple proportion, de calculer le sang que contenait primitivement l'animal.

Il y a encore bien des objections à faire à cette méthode, vu les échanges rapides qui se produisent, dans le court espace de temps qui sépare les deux saignées, entre le sang et les tissus qu'il baigne ; en effet, de suite après une saignée, la masse du sang tend à se reconstituer aussitôt, en empruntant aux tissus ambiants leurs parties liquides.

Une meilleure méthode est celle du *lavage* de Welcker : Un animal est décapité ; on recueille tout le sang qui s'en écoule et on mesure le pouvoir colorant de ce liquide. On divise alors le cadavre en fragments et par un lavage complet on en retire tout le sang. En comparant alors le pouvoir colorant de l'eau sanguinolente ainsi obtenue au pouvoir colorant du sang déjà extrait, on peut facilement calculer quelle est la proportion du sang contenu dans cette eau et on obtient ainsi l'expression de la totalité de la masse sanguine. Mais il y a encore ici de nombreuses causes d'erreur, parmi lesquelles il suffit de citer celle qui tient à ce que le lavage enlève non-seulement le sang, mais encore la matière colorante des muscles, celle de la moelle des os spongieux, de la rate, etc., matières colorantes qui dérivent de celles du sang, mais qui, attribuées à ce liquide, donnent à l'évaluation de sa masse une valeur supérieure à ce qu'elle est en réalité.

Cependant on admet en général, d'après les résultats fournis par cette méthode, que le poids total du sang est en moyenne la 1/13^e partie du poids total du corps de l'animal, ce qui ferait donc 5 kilogr. de sang pour l'homme, dont le poids moyen est de 65 kil.

Du reste la *masse du sang* est très-variable selon les cir-

constances : l'état de jeûne ou d'absorption digestive est ce qui influe le plus sur cette quantité, et dans ces cas il peut y avoir des *variations du simple au double*. C'est ce qu'a directement constaté Cl. Bernard en décapitant deux chiens, l'un à jeun et l'autre en pleine période d'absorption digestive; c'est ce qu'il a démontré indirectement en faisant voir qu'il faut, pour faire périr un animal en digestion, une dose de poison (strychnine par exemple) double de celle qui suffit pour le tuer quand il est à jeun (1). Il est vrai que dans ce cas il faut tenir compte non-seulement de ce que l'organisme en général est gorgé de liquides, mais de ce que les éléments anatomiques eux-mêmes sont saturés et bien moins disposés à l'absorption du poison. Un fait plus significatif est encore celui signalé par Collard de Martigny : sur un lapin à l'état ordinaire, il faut enlever 30 gr. de sang pour amener la mort par hémorrhagie; au bout de 3 jours d'ina-nition, il suffit d'enlever 7 gr. pour obtenir le même résultat. On comprend quelle importance a ce fait pour le médecin, au point de vue des saignées pratiquées au début d'une maladie, où après plusieurs jours de diète.

COMPOSITION DU SANG. — Si nous étudions le sang au point de vue pour ainsi dire anatomique (comme un tissu), nous voyons qu'il se compose de deux parties bien distinctes : le *cruur*, qui comprend la partie solide, les *globules*; et le *liquor*, qui comprend toute la partie liquide à l'état physiologique. Ces deux parties sont en quantités à peu près égales (2), de

(1) On comprend bien l'augmentation de la masse du sang pendant l'absorption intestinale, quand on se rappelle que Colin a recueilli, sur une vache, jusqu'à 95 litres (en 24 heures) de lymphé, par une fistule du canal thoracique, canal qui ne représente cependant que l'une des voies de l'absorption intestinale (l'autre voie est représentée par la veine porte). (G. Colin, *Traité de physiologie comparée des animaux*. 2^e édit. Paris, 1873.)

(2) La proportion exacte (chez l'adulte) est la suivante : 1000 grammes de sang se composent de 446 grammes de globules (*cruur*), et 554 de plasma (*liquor*). Nous disons chez l'adulte, parce que chez le fœtus la proportion est inverse : les globules apparaissent les premiers, forment la plus grande partie du sang et à la naissance on trouve encore la proportion de 722 de globules pour 278 de plasma. (Ch. Robin, *Leçons sur les humeurs*. 2^e édit. 1874.)

sorte que l'on peut considérer le sang comme une *certaine masse de cruor en suspension dans une masse égale de liquor*.

Mais cette proportion varie, surtout dans les cas signalés précédemment : pendant l'absorption la masse de sang peut doubler; c'est alors surtout le liquor qui augmente, car cette augmentation est due à la grande quantité de lymphé versée dans le torrent circulatoire (Colin a recueilli jusqu'à 95 litres de lymphé en 24 heures par une fistule du canal thoracique pratiquée sur une vache). De même, après une saignée abondante, le sang tend à recouvrer sa masse primitive, en empruntant leurs liquides aux tissus voisins : c'est donc le *liquor* qui augmente, et la masse du *cruur* ne se reconstitue que bien plus lentement. Ainsi on sait que la mort arrive d'ordinaire lorsqu'une hémorrhagie a enlevé la moitié de la masse du sang; mais c'est en réalité la moitié du *cruur* qu'il faudrait dire, avec précision, et l'on conçoit l'importance de ce fait, par des saignées successives, alors que la masse liquide, mais non la quantité des globules, a eu le temps de se reconstituer.

Cruur. — Cette partie solide du sang est uniquement formée de globules en suspension dans le liquide; les globules du sang sont de deux espèces : les *rouges* et les *blancs*.

a. Les *globules blancs* du sang, mieux nommés *globules incolores* (leucocytes, Robin), sont un peu plus gros que les rouges (8 à 9 millièmes de millimètre de diamètre) mais bien moins nombreux (1 globule blanc pour 300 rouges en général); ils sont sphériques et identiques sous tous les rapports aux *globules de la lymphé*, que l'on trouve dans les vaisseaux lymphatiques : ils proviennent en effet de ces vaisseaux, entraînés par la lymphé jusque dans le canal thoracique et de là se déversent avec ce liquide dans le sang. Ce sont des globules ronds, à noyaux, avec une surface un peu granuleuse (fig. 32). Examinés au milieu du liquor du sang, avec un grossissement de 200 à 300 diam., ils présentent un aspect granuleux, et un contour irrégulier, une couleur d'un blanc d'argent caractéristique. Il est impossible, dans ces conditions, de distinguer aucun

autre détail de leur structure; mais la simple adjonction d'eau gonfle ces éléments, rend leur contour lisse et y fait apparaître un noyau, de forme irrégulière, parfois double ou multiple; l'adjonction d'acide acétique rend ces détails



Fig. 32. — Globules blancs du sang (Leucocytes, Robin)*.

encore plus visibles et parfois fractionne le noyau en plusieurs parties, ou fait apparaître d'emblée deux ou trois noyaux dans un globule (fig. 32 B; f, h, i, k). — Ces globules blancs servent probablement à former les globules rouges, et l'on trouve en effet entre ces deux espèces de globules des éléments intermédiaires comme couleur et comme forme. — Dans certaines circonstances, et spécialement dans des maladies de la rate, et des ganglions lymphatiques, ces globules blancs s'accumulent jusqu'à former le tiers ou la moitié de la masse globulaire du sang qui paraît lie de vin ou même analogue à du pus sanguinolent (d'où le nom de *leucémie*, ou *leucocytémie*). Cette accumulation des globules blancs semble provenir d'un obstacle à leur transformation en globules rouges, ou d'une plus grande abondance dans la production des globules blancs par la rate (leucémie splénique) ou par les ganglions lymphatiques (leucémie lymphatique : leucocytose); mais même à l'état physiologique on trouve des variations assez considérables dans la proportion numérique des globules blancs aux rouges : ainsi le nombre des globules blancs diminue sous l'influence de l'*abstinence*, et chez les sujets avancés en âge; il est au contraire plus considérable après les repas, à la suite d'hémorrhagies, chez les enfants, et chez la femme pendant la grossesse : leur augmentation dans ces cas, et surtout après les repas, constitue ce qu'on a nommé la *leucocytose physiologique*. Enfin dans certains départements du système vasculaire, les globules blancs sont plus abondants :

* A, globules blancs frais; a, globule blanc dans son liquide naturel; — b, globule blanc dans l'eau; — B, globules blancs traités par l'acide acétique; — a, c, globule blanc uninucléaire; — b, division du noyau; — d, division plus avancée du noyau; — f, h, i, k, fragmentations de plus en plus avancées du noyau. (Virchow, *Pathologie cellulaire*.)

telles sont les veines de la rate et du foie, et ce fait est très-important pour établir la physiologie de ces organes.

b. Les *globules rouges* ou *hématies* (Gruithuisen, Ch. Robin) forment la plus grande masse du cruor (300 rouges pour un blanc). On a calculé qu'un litre de sang en contient 5 trillions, ce qui porte à 25 trillions leur masse totale.

Pour arriver à une *numération* exacte des globules rouges du sang, on calcule le nombre qu'en renferme un millimètre cube. Le procédé le plus usité est celui de Vierordt modifié par Potain et plus récemment par Malassez. Il consiste à diluer une quantité déterminée de sang dans une quantité également déterminée d'eau distillée; à recueillir une portion du mélange dans un tube capillaire; puis à compter à l'aide d'un micromètre gradué, sous le microscope, le contenu d'une portion de ce tube (1).

Les *globules rouges* ou globules sanguins proprement dits sont de petits disques excavés sur leurs deux faces, et épais sur leurs bords (fig. 34) : leur diamètre est de $1/150$ de millimètre et leur épaisseur de $1/600$; en millièmes de

(1) L'appareil de M. Malassez consiste en un tube capillaire très-fin (*compte globules*), dans lequel on fait arriver un mélange de sang et de sérum artificiel, et dans lequel on a marqué le rapport entre le volume du liquide et la longueur du trajet qu'il occupe dans ce tube : on peut donc, après avoir examiné avec un oculaire quadrillé et compté les globules qui se trouvent dans une certaine longueur, arriver au chiffre qui doit se trouver dans 1 millimètre cube. Ce chiffre est plus grand pour le sang des veines que pour celui des artères, et en général d'autant plus élevé dans les veines que le sang contenu dans ces dernières a perdu plus ou moins d'eau par les exosmoses qui se sont opérées (par exemple au niveau des capillaires de la peau) (Malassez, *Archives de Physiologie*, 1874). — Plus récemment encore, Hayem et Natchet (*Comp. rend. Acad. des sciences*, avril 1875) ont proposé un appareil et un manuel opératoire plus simple et exempt des erreurs qui se produisent avec tout appareil se remplissant par capillarité. Ne pouvant entrer ici dans le détail des manœuvres de la numération des globules, nous donnons seulement dans la figure ci-jointe (fig. 33, p. 140) l'aspect d'une certaine étendue du tube capillaire (Méthode Malassez) examiné au microscope avec l'oculaire quadrillé, et nous indiquons le résultat le plus général au point de vue physiologique : M. Malassez semble donner comme chiffre normal que fournit le sang du doigt d'un sujet sain, le nombre de 4 300 000 (par millimètre cube); M. Hayem donne le nombre de 5 000 000.

millimètre, unité employée en micrographie et désignée par la lettre μ , ils ont en diamètre de 6 à 7 μ ; et en épaisseur environ 2 μ .

Au point de vue histologique, les globules rouges sont de

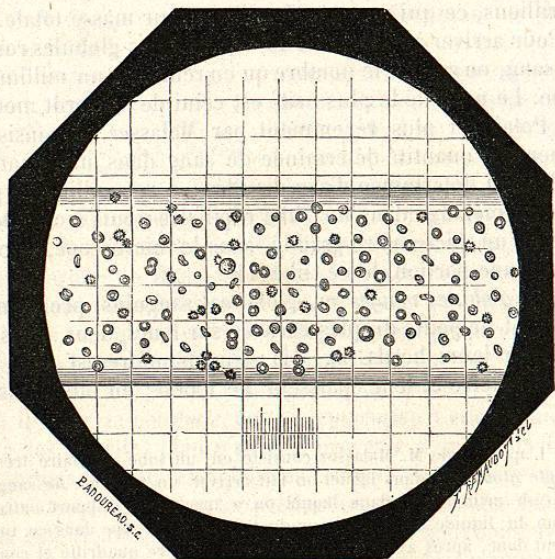


FIG. 33. — Tubes capillaires de Malassez examinés au microscope avec l'oculaire quadrillé. (Voy. la note page 139.)

petites masses de protoplasma associé à des composés chimiques particuliers (Voir plus loin : *Globuline, hématine*, etc.); vus par la tranche ces éléments se présentent sous la forme d'un biscuit rétréci en son milieu et renflé à ses deux extrémités (fig. 34 c); vus de face ils représentent des disques de couleur jaunâtre plus foncés sur les bords, plus transparents vers le centre (fig. 34 a). On ne voit pas de noyau ni d'enveloppe bien distincte, mais cependant une couche limite très-mince qui semble indiquer une membrane enveloppante, ou tout au moins une zone limite plus condensée, et de composition différente de celle du corps même des globules : on a cru démontrer l'absence de mem-

brane en étudiant les déformations que ces globules subissent par l'action d'une température de 40 à 45°, ou par celle du carbonate de potasse (Dujardin) : dans ces circonstances les globules se dépriment et se retournent en forme de bonnet ou de coupe, dont les bords peuvent venir se souder régulièrement, ou par des expansions sarcoïdiques isolées. Mais dans les mêmes circonstances on observe les mêmes phénomènes sur le corps des infusoires (Rouget), auxquels on ne peut refuser une enveloppe, ou tout au moins une *couche corticale* (*hautschicht* des Allemands). Enfin, par l'action de l'acide picrique ou chromique de l'alcool et par coloration au sulfate de rosanilène, on observe très-nettement une membrane « qui est formée par une substance très-ductile et molle comme une pâte, puisqu'elle se laisse traverser par des corps et se referme sur eux sans conserver aucune trace de leur passage (1). »

Les globules rouges s'altèrent très-facilement : la moindre évaporation, la moindre concentration du liquide dans lequel ils nagent, leur donne par exosmose une forme ratacinée, *crênelée* (fig. 34, e) sur les bords, et qui parfois, par ses saillies vues de face, peut faire croire à la présence d'un noyau (34, f).

La forme, les dimensions, et même la structure des globules rouges ne sont pas les mêmes pour les différents animaux, ni pour un même animal, aux diverses époques de son développement. Les *globules du fœtus humain* se distinguent de ceux de l'adulte par l'existence d'un noyau, et ce n'est que vers la seconde moitié de la vie intra-utérine



FIG. 34. — Globules sanguins d'un homme adulte *.

(1) Ranvier, *Recherches sur les éléments du sang* (Archives de Physiol., 1875, p. 9).

* a, Globule rouge ordinaire, ayant la forme d'un disque; — b, globule blanc; — c, globules rouges vus de côté, appuyés sur leurs bords; — d, globules rouges empilés comme des écus; — e, globules rouges anguleux, l'exosmose leur ayant fait perdre une partie de leur contenu, d'où l'aspect rataciné; — f, globules rouges ratacinés (à bords mamelonnés; leur face présente un soulèvement semblable à un noyau); — g, ratacinement plus complet; — h, dernier degré de ratacinement. Grossiss. 280 diam. (Virchow.)

qu'ils perdent cet élément. — Les *globules sanguins des mammifères adultes* ressemblent à ceux de l'homme comme forme, mais en diffèrent comme dimensions : ceux du cochon d'Inde, de la chèvre, du mouton, du cheval, du lapin sont plus petits ; ceux du chien à peu près égaux ; ceux de l'éléphant beaucoup plus volumineux. Seuls parmi les mammifères les *caméléens* (chameau et lama) présentent des globules elliptiques et toujours, du reste, sans noyau. — Les

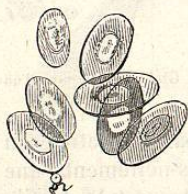


FIG. 35. — Globules du sang de grenouille (Donné, *Atlas du cours de microscopie*, pl. II).

oiseaux présentent des globules plus gros que ceux des mammifères, elliptiques, biconvexes, avec des traces de noyaux. Les globules des *reptiles* et des *amphibies* (fig. 35) sont volumineux, elliptiques, biconvexes, avec un noyau très-visible : il en est de même pour la généralité des poissons. Pour donner une idée des différences de dimensions, il nous suffira de citer le chiffre suivant : les globules rouges de l'homme

mesurent $1/150$ de millimètre, ceux du protée $1/12$.

On indique en général la présence de globules colorés dans le sang comme propre aux vertébrés ; cependant Rouget a signalé dès longtemps l'existence d'éléments semblables chez les invertébrés : là ils sont généralement dépourvus d'enveloppe, granulés, et chargés d'une matière colorante (Hématine. Voyez plus loin), qui, au lieu d'être uniformément répandue, se présente par petites masses distinctes ; cependant les globules des sponcles se composent d'une enveloppe élastique, épaisse, à double contour, renfermant une substance rosée et homogène très-réfringente.

Au point de vue physiologique, les globules rouges sont remarquables par leur élasticité : ils sont *faiblement* et *parfaitement* élastiques ; la moindre pression les déforme, mais ils reviennent facilement à leur forme primitive : en effet, en examinant la circulation au microscope (sur le mésentère de la grenouille par exemple), on les voit parfois se plier en deux ou se mettre à cheval sur l'éperon résultant de la bifurcation d'un vaisseau.

Au point de vue chimique, les globules rouges présentent

ce fait intéressant, qu'ils contiennent, comme matières minérales, des sels autres que ceux du liquor. Ainsi ils renferment surtout des phosphates ou des sels de potasse, tandis que le liquor contient surtout des carbonates et des sels de soude. Nous avons déjà indiqué comme une des propriétés générales du globule vivant (Voir 1^{re} partie, pag. 7), cette faculté de maintenir sa composition propre malgré les lois de l'endosmose et de la diffusion. On peut peut-être conclure de cette composition du globule sanguin qu'il y aurait grande utilité à employer les sels de potasse au lieu des sels de soude lorsqu'on a en vue spécialement la reconstitution de l'élément figuré du sang (dans l'*aglobulie*).

Parmi les éléments qui composent le globule sanguin, le plus caractéristique est une substance organique de nature albumineuse, qui jouit de la propriété de cristalliser, c'est l'*hémoglobuline* ou *hémoglobine*, résultant de la combinaison de la *globuline* (composé analogue à la caséine plutôt qu'à l'albumine) et de l'*hématosine* (substance protéique contenant la matière pigmentaire du globule). Quand, par des agents quelconques (congélation, action de l'éther, etc.), on déforme et détruit les globules, on obtient d'abord une dissolution d'un beau rouge qui ne tarde pas à laisser déposer des cristaux d'*hémoglobine* de formes variables selon les espèces animales, prismatiques chez l'homme, tétraédriques chez la souris et le cochon d'Inde, et même hexagonaux chez l'écureuil.

L'*hématine*, au contraire (ou *hématosine*), qui est la matière colorante du sang proprement dite (l'*hémoglobuline*, moins la *globuline*), se forme tout à fait spontanément dans le sang qui s'est épanché au milieu des tissus ou qui a été abandonné longtemps dans un vase : elle est toujours amorphe, et se présente sous forme de granulations d'un rouge très-foncé.

En faisant agir divers réactifs sur l'hémoglobine ou sur l'hématine, on obtient des dérivés et des combinaisons de l'hématine cristallisant dans des formes régulières : ce sont l'hémimine et l'*hématoïdine*.

1° L'*hémimine*. En faisant agir sur du sang desséché (ou sur de l'hématine) du chlorure de sodium et de l'acide acéti-

que cristallisable, on obtient un nouveau corps, l'hémine (ou chlorhydrate d'hématine) (fig. 36), qui se présente sous forme de cristaux en tables rhomboïdales aplaties à angles aigus et d'un brun intense. Les cristaux ainsi ob-



FIG. 36. — Cristaux d'hémine *.

tenus sont caractéristiques du sang. C'est bien du chlorhydrate d'hématine, car on est parvenu récemment à les produire en meltant simplement en présence l'hématine et l'acide chlorhydrique (4).

2° Enfin, l'hématoïdine est un dérivé de l'hématine, dérivé qui se produit spontanément dans l'économie surtout dans les anciens foyers hémorragiques, et en général dans tous les épanchements sanguins. Ce corps, qui se présente sous forme de très-petits cristaux rhomboïdaux obliques, est identique à la matière colorante de la bile : au point de vue de la composition chimique, l'hématoïdine n'est pas identique à l'hématine, elle en diffère par 1 de fer en moins et 1 d'eau en plus.

Ces matières colorantes du sang, et particulièrement l'hématocristalline (hémoglobine) ont été l'objet dans ces dernières années de très-intéressantes recherches au moyen de l'analyse spectrale : Hoppe Seyler (1862) et Valentin en Allemagne, Stokes et Sorby en Angleterre, Bert, Claude

(1) Voy. P. Cazeneuve, *Recherches sur l'hématine* (*Journal de l'Anat. et de la Physiol.* de Ch. Robin, 1875, p. 309).

M. Cazeneuve, dans ce travail, confirme les travaux antérieurs, d'après lesquels l'hématine est un principe quintenaire contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et du fer : il donne pour la quantité de fer la proportion suivante : 12^{gr},60 de peroxyde de fer pour 100 gr. d'hématine.

* Obtenus artificiellement du sang par l'action du sel de cuisine et de l'acide acétique (Chlorhydrate d'hématine). Grossiss. 300 diam. (Virchow.)

Bernard, Benoît (1) et Fumouze (2) en France, appliquant à l'étude du sang le procédé d'analyse découverte par Kirchhoff et Bunsen, ont montré que lorsqu'on regarde à travers un prisme (spectroscope) une solution de *sang artériel* très-étendue, éclairée par la lumière solaire ou par la flamme d'une lampe, au lieu d'observer le spectre lumineux ordinaire, on voit ce spectre interrompu par de larges bandes obscures placées comme l'indique la fig. 37 : c'est ce qu'on appelle le *spectre d'absorption du sang* : il est caractérisé essentiellement par deux bandes obscures dans la partie jaune verte, et de plus par l'extinction, à peu près complète, de tous les rayons les plus réfrangibles à partir du bleu ou de l'indigo (fig. 37, C).

Chose remarquable, le sang veineux, ou celui qui a perdu son oxygène, ou les solutions d'hémoglobuline que l'on a désoxygénées par un agent réducteur quelconque, présentent un spectre différent : l'intervalle qui sépare les deux bandes est obscurci, ou, en d'autres termes, les deux bandes noires se fondent en une seule, dite *bande de réduction de Stokes* (fig. 37, E) : en même temps l'ombre qui recouvre la partie la plus réfrangible a reculé vers le violet, de sorte qu'il y a plus de transparence pour les rayons bleus.

Il y a donc un spectre du sang oxygéné et un spectre du sang désoxygéné, de l'hémoglobuline oxygénée et de l'hémoglobuline réduite.

Claude Bernard et Hoppe Seyler ont montré à peu près en même temps que l'oxyde de carbone, qui chasse avec tant d'énergie l'oxygène du sang, prend sa place, et, combiné avec l'hémoglobuline, donne un spectre (spectre du sang oxycarboné) très-analogue au spectre du sang oxygéné, si ce n'est que les deux bandes noires sont un peu déplacées vers la droite. Mais ce que ce spectre a de caractéristique, c'est qu'il ne subit aucun changement par l'action des agents réducteurs ; en d'autres termes le spectre de l'hémoglobu-

(1) R. Benoît, *Études spectroscopiques sur le sang*, thèse, Montpellier, 1869.

(2) Fumouze, *Les spectres d'absorption du sang*, Paris, 1872. in-4°.

line oxycarbonée ne peut plus donner, comme celui de l'hémoglobuline oxygénée, la raie de réduction de Stokes. Il est facile de comprendre l'intérêt de ces recherches et leur application par exemple à l'analyse du sang d'une personne asphyxiée par les vapeurs du charbon, par l'oxyde de carbone (1). A un point de vue analogue il est très-inté-

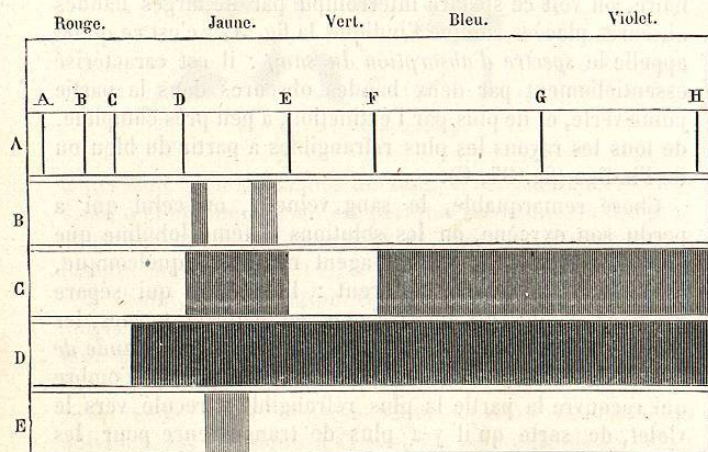


FIG. 37. — Absorption de certaines régions du spectre par des dissolutions sanguines*.

ressant de constater que ces bandes caractéristiques s'obtiennent encore en traitant par l'eau des taches de sang même très-anciennes, laissées sur du fer, du bois, du linge, etc., ou bien encore avec du sang déjà décomposé et putréfié. Valentin a très-nettement constaté la présence du sang sur une ancienne planche de table de dissection qui était restée sans usage depuis trois ans dans un endroit humide, et sur un vieux crochet rouillé de boucherie qui

(1) Voy. Cl. Bernard, *Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie*, Paris, 1875.

* A, Raies de Fraunhofer; — B, sang artériel oxygéné (deux bandes d'absorption entre les raies D et E de Fraunhofer, c'est-à-dire dans le jaune du spectre).

C, Sang artériel en dissolution plus concentrée (absorption de tous les rayons à partir de la raie F, c'est-à-dire du bleu).

D, Dissolution plus concentrée encore. — E, sang veineux, sang réduit; raie de réduction près de la raie D de Fraunhofer (c'est-à-dire dans le jaune). (Paul Bert.)

ne servait plus depuis longtemps. On n'a pas, malgré de nombreux essais (Ritter), trouvé de matière colorante dont le spectre pût être confondu avec celui du sang, ni surtout qui pût donner par les agents de réduction quelque chose d'analogue à l'apparition de la raie de Stokes.

De plus, comme sensibilité, cette méthode de recherche laisse bien peu à désirer, puisque Valentin a retrouvé des traces reconnaissables du spectre caractéristique du sang dans une solution qui n'en contenait qu'un sept millième, vue sous une épaisseur de 15 mm.

L'étude successive des spectres du sang oxygéné et désoxygéné, de l'hémoglobuline réduite, spectres que l'on peut reproduire tour à tour en enlevant et en rendant l'oxygène à la solution sanguine, cette étude nous permet d'apporter un élément à l'explication de la différence de couleur du sang artériel et du sang veineux; cette différence n'est pas due uniquement à des modifications dans la forme des globules, puisque ces phénomènes de coloration, corrélatifs aux différences des spectres du sang artériel et du sang veineux, s'établissent, comme eux, grâce à des alternatives d'oxydation et de réduction de l'hémoglobuline, de sorte que le sang artériel et le sang veineux représentent les deux états d'oxydation et de réduction de la matière colorante du sang.

Le rôle physiologique des globules rouges consiste essentiellement à se charger d'oxygène qu'ils vont ensuite distribuer aux tissus: ces globules sont des réceptacles, des appareils condensateurs de ce gaz, pour ainsi dire des analogues du charbon et de l'éponge du platine. Lorsqu'ils traversent les capillaires, ils empruntent à l'air venu de l'extérieur son oxygène, qu'ils vont ensuite transporter vers les différents éléments de l'économie, et surtout vers ceux qui consomment beaucoup de ce gaz, c'est-à-dire vers les globules nerveux, les nerfs et les muscles. En échange de l'oxygène qu'ils emploient, ces éléments rendent une quantité à peu près équivalente (voy. *Respiration*) d'acide carbonique, dont une faible partie se loge dans les globules sanguins, la plus grande partie se dissolvant dans le liquide ou liquor du sang.