

sous le nom d'*hémoglobine*. Ces deux parties peuvent être séparées l'une de l'autre, comme nous l'avons dit, par la réfrigération, par l'électricité; Rollett opère en laissant tomber goutte à goutte du sang dans un milieu froid, puis il chauffe à 20° C. et l'hémoglobine se sépare du stroma; on a du sang *laqué* dont on peut analyser le stroma globulaire, et on constate que celui-ci consiste surtout en *globuline*, matière albuminoïde isolée par Denis, en *paraglobuline*, en *cholestérine* et en *lécithine* probablement combinée avec une albuminoïde; on trouve en outre un *ferment* saccharifiant l'amidon, un *acide* organique, de l'eau (60 p. 100), un peu de fer et de cuivre, et des matières minérales (potasse, soude, chaux, magnésie à l'état de sulfates, chlorures et phosphates). La potasse est abondante, d'où l'alcalinité marquée des cendres des hématies. Signalons enfin quelques matières extractives mal connues, pour mémoire, et un peu de *nucléine* dans les hématies possédant un noyau. Le tableau qui suit, et qui résume la composition chimique de mille parties de globules rouges *complets*, à l'état sec, montre combien dans les hématies considérées *in toto*, le stroma représente proportionnellement peu de chose (A. Gautier).

	HOMME		CHIEN	BOËUF	PORC	OIE	COULEUVRE.	
	maxim.	minim.						
Hémoglobine	943	867	865	700	712	626.5	467	
Mat. albuminoïdes et nucléine . . .	122	51	125.5	268	234	364	458.8	
Lécithine . . .	7.2	3.5	5.9	}	18.5	32.6	4.6	} 85
Cholestérine . . .	2.5	2.5	5.6			4.8		
Autres matières organiques	1 à 2	—	—	—	—	—	—	} 65,
Substances minérales.	Traces	—	—	12.0	24.2			

Aussi passerons-nous de suite à l'étude plus importante de l'autre élément des hématies, de leur élément essentiel au

point de vue physiologique; je veux parler de l'*hémoglobine*, qui se rencontre principalement à l'état de vie sous forme d'une *combinaison avec l'oxygène*, c'est-à-dire d'*oxyhémoglobine*.

L'hémoglobine porte encore les noms d'*hématoglobuline*, *hématocrystalline*, et *crurine*, et ce qu'on appelle hémoglobine réduite est l'hémoglobine non oxygénée, l'hémoglobine toute nue; en réalité, on ne devrait point employer cette expression, les mots d'oxyhémoglobine et hémoglobine suffisant à nommer ce corps chimique combiné avec de l'oxygène et hors de cette combinaison.

PROPORTION D'HÉMOGLOBINE POUR 1000 DE SANG

Homme	119-130	Cheval	104-118
Femme	105-114	Porc	118-142
Vieillard	89-105	Lapin	84
Taureau	108-123	Canard	80-90
Vache	95-104	Moineau	71-75
Chien	130-138	Tanche	24-38
Mouton	95-112	Grenouille	23-33

La découverte de l'hémoglobine est de date récente. Elle est due à Hoppe-Seyler et à Stokes, grâce à l'emploi du spectroscope, et date de 1862-1864: le premier lui donna le nom qu'elle porte habituellement, le second la nomma *crurine*, distinguant la *crurine écarlate* (oxyhémoglobine) de la *crurine pourpre* (hémoglobine); elle forme ce que Funke et Reichert avaient appelé *cristaux de sang*. L'hémoglobine est en effet cristallisable, bien qu'elle cristallise avec une facilité variable, selon les espèces animales, et sous des formes différentes, revêtant la forme de prismes ou de tables rhomboédriques chez l'homme, et beaucoup de vertébrés, et de cristaux tétraédriques chez le cobaye, et hexagonaux chez l'écureuil. Cette substance, comme nous le verrons, est d'une importance capitale dans la respiration; c'est elle qui fixe l'oxygène de l'air, — et c'est ainsi que le sang renferme plus d'oxygène que ne fait l'eau, comme l'avaient vu Ma-

gnus et Berzélius ; c'est elle encore qui, dans l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, comme l'avait vu Cl. Bernard, fixe ce gaz pour lequel elle a de très fortes affinités. Mais avant

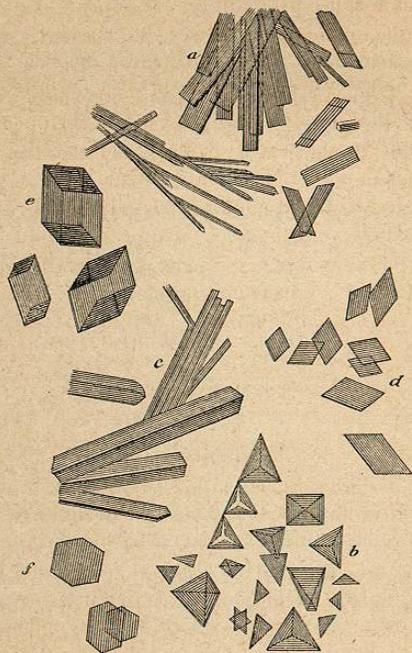


Fig. 9. — Crystaux d'oxyhémoglobine.

a homme et chien. — *b* cobaye. — *c* chat. — *d* homme (veine splénique).
e hamster. — *f* écureuil (d'après Funke).

d'aborder l'étude de ses propriétés, quelques mots sur sa composition. Considérons-la à l'état d'*oxyhémoglobine*, c'est-à-dire d'*hémoglobine oxygénée* ou d'oxyde d'hémoglobine. C'est une *substance albuminoïde cristallisable, colorée*, et comme le sang renferme 100 grammes d'hémoglobine par litre, on

peut dire qu'il renferme 10 p. 100 d'hémoglobine. Elle constitue la plus grande partie des globules rouges où elle se trouve, selon toute probabilité, *combinée* à l'état amorphe avec quelque autre substance ; elle présente en effet des différences marquées, selon qu'elle est étudiée dans le globule ou à l'état pur. Il est facile de préparer les cristaux dans l'hémoglobine. Il suffit de prendre quelques gouttes de sang de cobaye ou de rat, peut-être encore de chien, chat ou souris (mais non de grenouille, veau, porc ou pigeon, car chez les animaux l'hémoglobine cristallise très difficilement, d'après Preyer) ; on congèle, on ajoute volume égal d'eau glacée, et enfin un peu d'éther ; la cristallisation se fait aussitôt. Pour les autres animaux, il faut ajouter aussi de l'alcool en quantité notable.

On peut encore recueillir du sang qu'on a abandonné à l'air pendant vingt-quatre heures, dans des tubes qu'on ferme à la lampe et qu'on chauffe à 37° pendant quelques jours ; on ouvre les tubes qu'on vide dans des verres de montre : l'oxyhémoglobine se montre en beaux cristaux. Pour un examen rapide on peut simplement ajouter un peu de chloroforme ou d'éther à une goutte de sang, et on recouvre le tout d'une lamelle de verre.

Ces cristaux sont formés d'oxyhémoglobine, de l'hémoglobine combinée avec de l'oxygène, qui a abandonné le stroma des hématies ; aussi les opérations que l'on pratique sur le sang total peuvent-elles plus avantageusement se faire sur le caillot, ou encore sur le sérum dans lequel on aura préalablement forcé les hématies à déverser leur hémoglobine. Nous ne chercherons point à donner une formule chimique de cette substance ; il semble en effet qu'il y a autant d'oxyhémoglobines que d'espèces animales, ou peu s'en faut — et nous nous contenterons d'indiquer qu'elle se compose essentiellement de carbone, hydrogène, azote, oxygène, soufre et fer : c'est en effet une substance albuminoïde particulièrement riche en fer.

La proportion de fer varie toutefois sensiblement, comme on le verra en comparant entre eux les chiffres du tableau que voici :

	Fer pour 1000 de sang	Hémoglobine pour 1000 de sang
Homme	0,537	126
Bœuf	0,547	126
Mouton	0,470	112
Canard	0,343	91
Grenouille	0,425	28

L'hémoglobine de grenouille est donc extrêmement riche en fer.

Elle est faiblement acide, et se dissout abondamment dans les alcalis qui, s'ils sont concentrés, agissent comme les acides, et la décomposent en *hématine* et *albumine*; le passage de gaz inertes la *réduit*, lui enlève son oxygène, comme le font d'autres corps dits réducteurs, et l'oxyde de carbone mis en présence de l'oxyhémoglobine chasse l'oxygène en prenant sa place, et en transformant l'oxyhémoglobine en *carboxyhémoglobine* (hémoglobine fixant de l'oxyde de carbone) qu'il est très difficile de détruire. De là la gravité des empoisonnements par l'oxyde de carbone; ce gaz prend la place de l'oxygène, et comme le vide ou les gaz inertes ne réussissent que *difficilement* à le chasser de sa combinaison, la vie est un danger même avec un empoisonnement faible; en présence d'un empoisonnement grave, il n'y a rien à faire. Les affinités de l'oxyhémoglobine non saturée pour l'oxygène sont telles qu'elle décompose l'eau oxygénée en absorbant de l'oxygène, et qu'elle transforme l'oxygène en ozone. L'hémoglobine saturée d'oxygène en dissout, ou fixe, de 150 à 170 centimètres cubes pour 100 grammes d'hémoglobine: on peut les chasser par le vide. L'hémoglobine réduite (par *dissociation* de l'hémoglobine d'avec l'oxygène qu'elle renfermait) est non moins variable que l'oxyhémoglobine; il y en a autant de sortes qu'il y a d'oxyhémoglobines; pour l'obtenir on abandonne dans l'eau, à la température de 23° C., des cristaux d'oxyhémoglobine additionnés d'un peu de sang putréfié, le tout en présence de l'hydro-

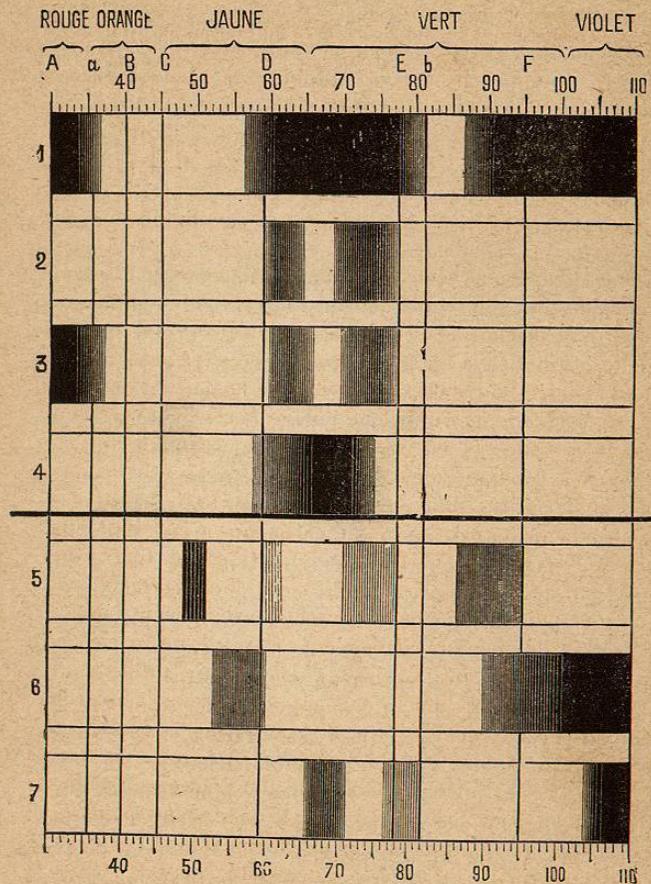


Fig. 10. — Spectres d'absorption du sang.

A a, B, C, D, E, b, F, raies de Fraunhofer. Les solutions sont vues sous l'épaisseur de un centimètre. 1. Oxyhémoglobine (concentrée). 2. Oxyhémoglobine diluée (typique). 3. Carboxyhémoglobine. 4. Hémoglobine réduite (très diluée). 5. Méthémoglobine. 6. Hématine en solution alcaline. 7. Hématine réduite.

gène. Les bactéries de la putréfaction consomment tout l'oxygène, et il reste de l'hémoglobine rouge violet qui cristallise par addition d'alcool absolu. Ces cristaux doivent être conservés à l'abri de l'air ; en présence de celui-ci, ils tombent en déliquescence, et se transforment en oxyhémoglobine par absorption d'oxygène ; il est vrai que par le vide on peut retransformer celle-ci en hémoglobine.

Le point essentiel de la chimie de l'hémoglobine est que, du moment où elle se trouve en présence d'une atmosphère où l'oxygène a une tension ou pression partielle de plus de 3 p. 100 d'une atmosphère, elle fixe l'oxygène, et en fixant de l'oxygène, elle devient oxyhémoglobine, et celle-ci, en perdant son oxygène, redevient hémoglobine ; telles sont les relations de ces deux corps. Si on les examine comparativement au spectroscope, on constate des différences notables qu'il est nécessaire de connaître, aussi bien pour la physiologie que pour la médecine légale. La lumière blanche à qui l'on fait traverser différents milieux ne donne point le spectre solaire ordinaire quand elle vient à toucher sur un prisme ; il se produit des modifications variées selon le milieu. Faisant donc tomber sur le prisme d'un spectroscope un faisceau de lumière blanche qui a traversé une solution d'oxyhémoglobine, nous constatons que le spectre ne donne que le rouge, de l'orangé et du jaune avec un peu de vert. En somme, il manque une partie des rayons jaunes et verts, et tout l'indigo et le violet ; ils sont remplacés par des *bandes d'absorption*, par l'obscurité, ou du noir, pour parler en termes vulgaires. Avec une solution d'oxyhémoglobine au millième, il y a deux bandes noires entre D et E de l'échelle de Fraunhofer. Le spectre est le même avec une solution de sang artériel. Avec du sang veineux ou avec de l'oxyhémoglobine qu'on réduit dans l'auge où elle est renfermée pour l'examen spectroscopique, en y faisant passer de l'acide carbonique que chasse l'oxygène et réduit l'oxyhémoglobine en hémoglobine, on constate un aspect différent ; il y a une large

bande d'absorption, dite *bande de Stokes*, entre D et E, surtout prononcée entre les limites des bandes constatées dans le cas précédent. Cette bande est caractéristique de l'hémoglobine, c'est-à-dire l'oxyhémoglobine *réduite*, privée d'oxygène. Et maintenant si nous faisons passer dans notre solution d'oxyhémoglobine ou d'hémoglobine, un courant d'oxyde de carbone, nous obtenons de la carboxyhémoglobine dont nous pouvons examiner aussi le spectre, et nous voyons qu'il est presque identique à celui de l'oxyhémoglobine, bien que les deux bandes soient un peu plus rapprochées l'une de l'autre. Alors comment distinguer — en médecine légale — le sang normal du sang empoisonné par l'oxyde de carbone. A ceci : les corps réducteurs ne font point disparaître les bandes fournies par le sang oxycarboné ; ils ne font point apparaître la bande de Stokes caractéristique de l'hémoglobine désoxygénée ; le sang oxycarboné conserve son oxyde de carbone pour lequel l'hémoglobine, nous l'avons vu, a une affinité elle qu'il faut le vide pour les disjoindre.

On peut pratiquer l'examen spectroscopique du sang chez l'homme, sans saignée, en faisant tomber sur le prisme un rayon ayant passé entre deux doigts très rapprochés l'un de l'autre ; on obtient de la sorte les raies de l'oxyhémoglobine, et si l'on arrête la circulation au moyen d'un lien à la base des doigts, la bande de Stokes fait son apparition (Vierordt).

On voit, par ce qui précède, que l'hémoglobine diffère considérablement des autres albuminoïdes. Elle cristallise, elle est particulièrement riche en fer ; elle condense l'oxygène d'une façon absolument remarquable.

Nous n'insisterons pas plus longuement sur ses caractères chimiques, dont le plus important assurément est sa grande affinité pour l'oxygène ; mais il convient de dire quelques mots de composés qui s'y rapportent. L'un d'eux est la *méthémoglobine* qui se forme parfois spontanément — on la trouve dans les urines en certains cas — et qu'on peut produire en soumettant l'hémoglobine à l'action des oxydants. C'est de l'hémoglobine oxygénée, mais con-

tenant moins d'oxygène que l'oxyhémoglobine ; par contre, elle ne l'abandonne point dans le vide, bien que les réducteurs la transforment en hémoglobine ; peut-être faut-il la considérer comme un bioxyde d'hémoglobine ; mais, en ce cas, elle serait non pas moins, mais plus oxygénée que l'oxyhémoglobine.

Sur son rôle et son mode de formation, nous ne savons pas grand'chose : on a constaté seulement qu'un certain nombre de médicaments en déterminent l'apparition dans le sang, qu'elle est amorphe, très soluble, très stable, absolument impropre à la respiration puisqu'elle garde pour elle son oxygène ; qu'elle se rencontre dans les globules rouges et aussi dans le plasma ; les acides et alcalis la dédoublent en hématine et une matière albuminoïde ; le sang qui la renferme présente un spectre spécial à bande d'absorption dans le rouge. De la *carboxyhémoglobine* il ne reste plus rien à dire. Le sang qui contient ce corps est d'un rouge superbe : il semble admirablement propre à la respiration ; mais ce n'est qu'un sang inerte, inutile. La combinaison de l'oxyde de carbone avec l'hémoglobine est très stable ; elle résiste à la putréfaction aussi bien qu'aux agents réducteurs ; aussi l'intoxication complète est-elle mortelle, et se révèle-t-elle au spectroscope même plusieurs jours après la mort.

De la physiologie de l'hémoglobine, ou de l'oxyhémoglobine, nous savons ceci : c'est qu'elle se trouve dans les hématies de tous les animaux supérieurs, et qu'on la trouve aussi en solution dans le sang de beaucoup d'animaux dépourvus de globules. C'est encore que l'oxyhémoglobine est plus abondante dans le sang artériel que dans le sang veineux où elle est en partie réduite à l'état d'hémoglobine, et ceci nous indique qu'elle doit jouer un rôle important dans la respiration. C'est enfin qu'elle est unie aux hématies par des liens que nous ne connaissons point encore de façon très précise, probablement *combinée*, sans quoi elle serait dissoute par le sérum. Son mode de formation nous est inconnu, bien que nous puissions, après l'avoir décomposée en albumine et hématine, la reconstituer en hémoglobine en agitant celles-ci avec de l'oxygène ; mais, par contre, cette reconstitution ne peut s'obtenir avec de l'albumine et de l'hématine pure ; il en faut conclure qu'il y a quelque chose en

plus dans l'hémoglobine qui nous échappe. Où et comment les globules embryonnaires prennent-ils leur hémoglobine ? Nous n'en savons rien. Elle existe dans le sang, avons-nous dit, et exclusivement dans les hématies chez les animaux pourvus de celles-ci. La quantité en varie entre 8 et 13 p. 100 de sang ; le chien et le porc en ont plus que l'homme : le coq et le canard en ont moins : l'homme en a 12 p. 100 environ. Peut-être en existe-t-il un peu dans les muscles. Mais, à vrai dire, cela n'est nullement démontré. Il s'en rencontre parfois dans le sang (hémoglobinurie), à la suite de la destruction de globules rouges dans l'organisme. Normalement les éléments de ceux-ci sont excretés par la bile, sous forme de bilirubine, mais si la destruction est abondante, comme dans le cas de transfusion du sang d'un animal d'espèce différente, le sérum est *globulicide* pour les globules d'autre espèce. L'hémoglobine passe en partie par les urines. A l'état normal, l'hémoglobine achève son existence et sa carrière dans le foie où elle est détruite et éliminée par les pigments biliaires.

Son rôle physiologique essentiel est de fixer l'oxygène dans les poumons, et de le porter aux tissus à qui elle l'abandonne en se réduisant, passant son temps à s'oxygéner et à se réduire tour à tour. Nous aurons à revenir sur les conditions dans lesquelles s'effectue cette importante fonction. Il nous reste seulement à indiquer le fait que, traitée par la chaleur, ou les acides ou alcalis, l'hémoglobine se transforme, à l'abri de l'air, en une substance albuminoïde et en hématine, laquelle hématine, en se combinant avec de l'acide chlorhydrique, donne de l'hémine. L'hématine renferme les mêmes éléments que l'hémoglobine, *moins le soufre*, et on en distingue deux sortes : hématine réduite ou *hémochromogène*, et non réduite ou *oxyhématine*. L'hématine est particulièrement riche en fer, et très pigmentée. C'est elle qui donne à l'hémoglobine sa coloration, et c'est d'elle que dérivent les pigments biliaires (bilirubine et urobiline). A l'état

sec, c'est une poudre bleu noir, à reflets métalliques. Les réducteurs la transforment en hémochromogène, et l'acide chlorhydrique en fait de l'hémine, qui est fort importante en médecine légale : une tache de sang, même ancienne, lavée avec de l'acide acétique glacial et additionnée d'un peu de sel commun, fournit bien vite de petits cristaux d'hémine. Cette réaction est caractéristique du sang, même s'il est ancien et en très petite quantité, et permet d'affirmer avec certitude la présence de sang.

L'oxyhématine se rencontre dans les foyers hémorragiques anciens et dans le sang qui a subi l'action du suc gastrique, et encore dans le sang extravasé des ecchymoses, à qui elle donne, en partie, leur teinte spéciale.

On y trouve aussi un autre corps voisin de l'hémoglobine, l'*hématoïdine*, substance azotée, mais privée de fer et qui cristallise en prismes orangés ; et se rapproche des pigments biliaires. L'*hématorporphyrine* est également privée de fer ; on la prépare en faisant agir l'acide sulfurique sur l'hématine, et elle a beaucoup d'affinités avec la bilirubine.

L'hématine présente un spectre d'absorption spécial qui varie selon qu'elle est réduite ou bien en solution alcaline ou acide.

En somme, l'hémoglobine, alternativement oxygénée et désoxygénée, est la matière colorante des hématies, et sa destruction qui s'opère principalement dans le foie, donne naissance aux pigments biliaires, à la bilirubine en particulier (urobiline de l'urine), probablement d'une façon indirecte, c'est-à-dire par formation de produits, comme l'hématine, qui subissent ultérieurement la transformation en bilirubine, en perdant du fer et en gagnant de l'eau.

L'hémoglobine se rencontre chez certains invertébrés aussi, mais chez les crustacés et mollusques Frédéricq a décrit une substance qui la remplacerait et en remplirait les fonctions : l'*hémocyanine* (et *oxyhémocyanine*) où le fer de l'hémoglo-

bine serait remplacé par du cuivre. M. Heim a récemment contesté ce point ; pour lui, l'hémocyanine n'est probablement qu'un pigment qui ne renfermerait pas de cuivre, et cette substance ne posséderait nullement une aptitude spéciale pour la fixation de l'oxygène : on pourrait la supprimer sans altérer la capacité respiratoire du sang.

L'importance physiologique considérable de l'hémoglobine fait qu'il est nécessaire d'en obtenir facilement des dosages précis ; ils permettent en quelque sorte de mesurer la vitalité du sang et de l'organisme. Plusieurs méthodes sont possibles. On peut comparer la capacité respiratoire du sang avec une solution d'hémoglobine titrée. On sait qu'un gramme d'hémoglobine absorbe 1,68 centimètre cube d'oxygène : donc autant de fois une quantité donnée de sang absorbera 1,68 centimètre cube d'oxygène, autant elle contiendra de grammes d'hémoglobine. Pour savoir combien le sang contient d'oxygène, on peut, comme Cl. Bernard, extraire ce sang à l'abri de l'air et le mettre en contact avec l'oxyde de carbone qui déplace l'oxygène et en prend la place ; on dose les gaz obtenus (oxygène, acide carbonique, oxyde de carbone en excès) et on obtient la quantité d'oxygène contenue dans la quantité connue de sang, d'où l'on déduit la quantité d'hémoglobine. Ou encore, on peut soumettre le sang à l'action du vide (pompe à mercure : modèle de Gréhant et modèle perfectionné de Chauveau) et on analyse les gaz à l'eudiomètre.

Une autre méthode consiste à doser l'hémoglobine par l'hématine. On sait que un gramme d'hématine correspond à 21 gr. 31 d'hémoglobine ; on transforme donc l'hémoglobine en hématine et on pèse. Le dosage peut se faire encore par le fer. L'hémoglobine renferme 0,42 p. 100 de fer : on dose donc le fer des cendres du sang.

Les méthodes colorimétriques reposent sur le principe que deux solutions présentant, dans les mêmes conditions d'examen, la même teinte, due au même corps, sont également riches en matière colorante. Il faut donc un étalon, une solution titrée d'hémoglobine, et on recherche quelle est la quantité de sang qu'il faut ajouter à une quantité connue d'eau pour obtenir la même intensité de coloration : un calcul simple donne la valeur cherchée. Il y a plusieurs méthodes fondées sur ce principe : le *colorimètre* de Duboseq employé par Jolyet et Laffont est fort apprécié ; et l'*hémochronomètre* de Malassez est aussi très bon : l'étalon consiste en une solution d'hémoglobine ou de picrocarminate d'ammo-

niaque, et l'appareil permet la lecture directe, sans calculs. — Enfin, Vierordt a appliqué l'analyse spectroscopique au dosage de l'hémoglobine. Ces différents procédés montrent que la proportion d'hémoglobine varie selon les espèces (de 8 à 13 p. 100 chez les oiseaux et mammifères étudiés) et chaque procédé ayant ses petites causes d'erreur spéciales, il est bon de ne comparer entre eux que les résultats obtenus par un même expérimentateur avec le même procédé.

Plasma sanguin. — Le plasma forme la majeure partie du liquide sanguin : 650 parties pour 1000 de ce dernier, les globules formant 350 parties. Ce plasma est un liquide un peu visqueux, de couleur jaune verdâtre faible, ou ambrée, selon les espèces, alcalin, salé, d'odeur fade, rappelant celle de l'animal qui l'a fourni, et dont la densité est de 1,027 ou 1,028. Il est difficile à préparer, et cela tient à la rapidité avec laquelle, abandonné à lui-même hors des vaisseaux, il se coagule, et se divise en une partie gélatineuse opaque qui est de la fibrine, et l'autre liquide qui est le sérum. Nous allons parler plus loin de ce phénomène curieux de la coagulation avec les détails nécessaires, d'ailleurs. Pour préparer le plasma, il faut opérer avec du sang à coagulation lente, comme celui du cheval, qu'on reçoit dans un vase entouré de glace, le froid ralentissant la coagulation, et de la sorte on obtient la séparation du sang en deux parties : au fond, les globules se déposent lentement ; au-dessus surnage le plasma. On pourrait encore isoler le plasma en mêlant au sang certains sels comme le sulfate de magnésie ou du sulfate de potassium qui empêchent la coagulation. Mais alors il faut débarrasser le plasma des matières ainsi ajoutées. Ce plasma ne se coagule point tant qu'il reste refroidi, ou s'il a été additionné de sel ; sinon vers 12° C. il commence à se prendre en gelée, et le coagulum se forme. Au point de vue chimique, il se compose de substances nombreuses, et parmi celles-ci les albuminoïdes sont importants. Ce sont le fibrinogène, la sérum-globuline

ou fibrinoplastique, et la sérum-albumine ou sérine. Le mélange de fibrinogène et le sérum-globuline est ce que Denis, de Commercy, a en 1859 appelé de la *plasmine*, et c'est Schmidt qui les a distinguées l'une de l'autre sous les noms qu'elles portent actuellement.

COMPOSITION DU PLASMA HUMAIN POUR 1000

Eau.	904	lines.	78,2
Albuminoïdes se		Corps gras, léci-	
coagulant à l'état		thine, savons. . .	1,7
de fibrine. . . .	3,5	Matières extractives.	3,9
Sérine et globu-		Sels minéraux. . .	8,6

Nous reviendrons plus loin sur ces deux substances. Pour la sérine, c'est une matière très voisine de l'albumine d'œuf ; elles diffèrent par leur pouvoir rotatoire, et par quelques autres caractères ; la sérine a un pouvoir rotatoire de 57° au lieu de 38°5 ; son précipité par l'alcool demeure soluble ; elle ne précipite pas par l'éther, etc. ; au surplus il semble y avoir plusieurs sérines qui diffèrent par leur température de coagulation. Les analogies de la sérine avec de l'albumine sont très grandes ; elles coagulent toutes deux par les acides, la chaleur, de nombreux sels, et en définitive pour les distinguer l'une de l'autre, il faut avoir recours à des caractères très secondaires. Le sang contient environ 50 grammes de sérine par litre.

La sérine se prépare en précipitant les globulines du sérum sanguin par l'acide carbonique ou le sulfate de magnésie en excès ; le liquide restant est filtré et dialysé. Desséchée, elle forme une matière d'un blanc jaune, translucide, amorphe, qu'on peut chauffer à 100° sans qu'elle perde sa solubilité, qui, dissoute et chauffée, se coagule entre 70 et 85° (d'après Halliburton : du reste, on peut hâter ou retarder la coagulation par l'addition de substances variées) : elle est soluble dans l'eau et les solutions salines ; elle précipite par l'alcool, mais non par l'éther ; elle précipite par le choral, les acides picrique et phénique et presque tous les acides minéraux (sauf l'acide phosphorique), mais non les

acides organiques ; elle précipite par beaucoup de sels de plomb, d'argent, de cuivre, de mercure, etc., par le sulfate de sodium, le sulfate d'ammoniaque, le phosphate ou le carbonate de potassium, etc.

Sérum. — La sérine est le principal albuminoïde du *sérum*, c'est-à-dire du plasma *moins le fibrinogène et le fibrinoplastique*, car le *sérum* n'est autre chose que le plasma ayant subi la coagulation, laquelle a séparé le *sérum* du coagulum fibrineux constitué par les deux substances qui viennent d'être nommées, et par les globules. Comme la coagulation réclame une étude spéciale, achevons d'abord de décrire le *sérum* ou partie liquide du sang coagulé. (Pour avoir du *sérum*, il suffit de recueillir ce qui reste de liquide dans un vase où s'est coagulé du sang ; ou encore on peut séparer les globules du sang défibriné au moyen de la machine centrifuge : ce sang défibriné moins les globules est du *sérum*.) Un litre de sang renferme de 450 à 525 grammes de *sérum* contenant de 88 à 95 p. 100 d'eau, selon les espèces, et cette eau tient en dissolution de nombreuses substances. L'une d'elles est la *sérine* dont il vient d'être parlé. Une autre est de la *sérumglobuline* ou substance fibrinoplastique qui demeure en excès dans le *sérum* après la coagulation ; nous parlerons plus loin de ses caractères ; il y a encore une *caséine*. A ces albuminoïdes se joignent d'autres substances d'ordre différent, car il ne semble pas qu'il y ait de peptones dans le sang normal, bien que durant la digestion il en soit déversé dans le torrent circulatoire une grande quantité ; elles sont sans doute très rapidement transformées en une autre forme d'albuminoïde, et dans les veines mésentériques même, on n'en trouve pas. Ces substances sont principalement : un ferment qui saccharifie l'amidon, et peut-être (Lépine) un *ferment glycolytique* qui détruirait le sucre ; un peu de *matières grasses* représentées par des corps variés (oléates, margarates, butyrates, etc.) avec de la *lécithine* et de la *cholestérine* ; un peu d'*acide urique* — surtout chez les arthritiques, — de l'*urée* en pro-

portion variable — nous avons vu qu'elle augmente avec la fièvre et varie selon l'alimentation, — du *sucre* (glycose) en très petite quantité, et quelques traces de pigments biliaires, diverses matières extractives en très petite quantité comme la *créatine*, la xanthine, l'hyppoxanthine, l'acide lactique, peut-être un peu d'acide hippurique ; des *leucomaines* étudiées par R. Würtz, à toxicité marquée, enfin des *matières minérales* parmi lesquelles le chlorure de sodium est la plus abondante (3 ou 6 grammes par litre de *sérum*), et auquel se joignent des phosphates, chlorures, etc. Le *sérum* est particulièrement riche en chlore et en soude, et ceci est intéressant quand on le compare aux globules qui, eux, sont plus riches en potasse.

C'est à l'abondance de soude que le *sérum* doit son alcalinité qui correspond à celle d'une solution à 2 p. 1000 ; elle se présente sous la forme de carbonate et phosphate et ce sont ces phosphates et carbonates qui retiennent principalement les gaz du *sérum*. Il contient en effet des gaz, et surtout de l'acide carbonique. Tandis que 100 volumes de *sérum* de chien ne renferment au plus que 1 ou 2 volumes d'azote et d'oxygène, ils contiennent de 25 à 28 volumes d'acide carbonique (Schöffler et Pflüger). De la sorte l'antagonisme, ou du moins la différence entre les globules et le *sérum* s'accroît encore : les premiers, tout en contenant un peu d'acide carbonique, sont riches en oxygène ; le dernier, pauvre en oxygène, est surtout riche en acide carbonique.

Le tableau qui suit résume surtout, d'après Hammarsten, les proportions des substances constituantes du *sérum* (pour 1,000 grammes de *sérum*).

	HOMME	BOEUF	CHEVAL	LAPIN
Globuline du <i>sérum</i> .	31.0	41.7	45.6	17.9
Sérine et autres albuminoïdes.	45.2	33.3	26.8	44.4
Total des albuminoïdes	76.2	75.0	72.6	62.2

	HOMME	BOEUF	CHEVAL	LAPIN
Lécithine, graisses, urée, matières ex- tractives	7.1	6.6	5,4	} 13.0
Sels minéraux	8.8	8.1	8.0	
Eau	907.9	910.4	914.0	924.8

Coagulation du sang. — Quittons le sérum pour revenir au plasma. Nous avons dit qu'il renferme tous les éléments du sérum, le sérum lui-même pour mieux dire, *plus* la plasmine de Denis, ou la *fibrine* qui est un mélange de deux substances, d'après A. Schmidt, le *fibrinogène* et le *fibrinoplastique*. Et, d'après Schmidt encore, la production de la fibrine ou la coagulation du sang est due à ce que ces deux substances juxtaposées, coexistantes dans le sang, viennent à s'unir dans certaines conditions, en particulier sous l'influence d'un ferment spécial, d'un ferment de la fibrine. Le plasma renfermerait donc, en sus du sérum, trois substances qui concourent à former la fibrine, à déterminer la coagulation du sang.

Le fibrinoplastique répond à la fibrine soluble de Denis. Il existe dans le plasma et le sérum et dans la sérosité des épanchements de la plèvre, du péritoine, etc., d'où le nom d'*hydropisine* donné par Gannal qui a, le premier, isolé cette substance. Il est insoluble dans l'eau pure, mais soluble dans l'eau contenant de l'oxygène, de l'air ou de l'acide carbonique. Le sang n'en renferme que *très peu durant la vie*.

Le fibrinogène (fibrine concrète de Denis) s'extrait au moyen du sulfate de magnésie et du sel marin : le sang est additionné du quart de son volume d'une solution saturée de sulfate de magnésie ; la partie liquide, décantée, est additionnée de son volume d'une solution de Na Cl saturée ; le fibrinogène précipite seul. En solution, il se trouble à 56°. Dans certaines conditions, il donne de la fibrine. A la diffé-

rence du fibrinoplastique, il existe dans le sang vivant en assez grande quantité.

Enfin, le ferment de la fibrine serait un ferment soluble produit comme les deux corps précédents aux dépens des leucocytes, — qui jouent ici un rôle considérable, — au moment de la coagulation, dès que le sang est hors des vaisseaux ou dans certaines autres conditions. Sa production est entravée par le froid (0° C.) par les solutions alcalines, d'où la coutume d'ajouter de sulfate de soude ou d'autres sels alcalins le sang dont on veut empêcher la coagulation, par la mort foudroyante du sang recueilli directement dans l'alcool absolu par exemple ; elle est favorisée au contraire par le contact avec l'air ou l'oxygène, le contact de corps étrangers, etc. ; on prépare ce ferment en lavant du sérum à l'alcool (15-20 volumes) ; en trois ou quatre semaines on a un résidu d'albuminoïdes précipités insolubles qu'on fait sécher en une poudre dont il suffit de mettre une petite quantité dans l'eau pour dissoudre le ferment ; cette eau jouirait de la propriété de faire coaguler un mélange de fibrinogène et de fibrinoplastique, d'après Schmidt.

En somme, Schmidt explique la formation de la fibrine dans la coagulation du sang par la combinaison de deux substances coexistantes dans celui-ci sous l'influence d'un ferment qui se produit dans certaines conditions, et Denis regarde sa plasmine comme préexistant dans le sang (au lieu de se *former* dans la coagulation) en dissolution, et se dédoublant en fibrine dissoute et fibrine concrète, quand le sang sort des vaisseaux.

Qu'est-ce que cette fibrine ? Voici du sang qui sort des vaisseaux ; ce sang, que nous abandonnons à lui-même, dans un vase quelconque, présente bientôt des modifications marquées. Au bout de quelques minutes déjà, on peut trouver à sa surface quelques fibres d'un gris jaunâtre, mais s'il est de ceux qui coagulent vite, si c'est du sang d'oiseau par exemple, c'est tout autre chose, et nous voyons au

milieu de la masse sanguine une
ment solide, un gros caillot
glomérés, rapprochés, et
par un réseau de fib
et ce caillot baign
ou jaunâtre. L'
lation lente
avant
le "

encore
des vaisseaux, le battre avec
une baguette de verre ou une petite verge; la fibrine, dont
la production, — ou le dépôt, pour ne rien préjuger, — est
favorisée par le contact de corps étrangers s'attache — le
plus souvent, car il y a des exceptions (Dastre, *Soc.
Biol.*, 1892) — aux brindilles sous forme de filaments
d'un blanc jaunâtre qu'on lave ensuite à l'eau pour enlever
les globules restés adhérents; quand la substance est deve-
nue blanche, on lave à l'alcool et à l'éther, et on conserve
la fibrine dans de la glycérine étendue de son demi-volume

d'eau. Le sang ainsi traité est défibriné : il contient les
globules et le sérum; il a perdu sa fibrine, et le plasma
dès lors est incomplet. Inutile de dire qu'on arriverait au
même résultat en opérant sur du *plasma*, mais qu'on ne
trouverait point de fibrine dans du *sérum*. Examinons cette
fibrine. Elle est blanchâtre, élastique, translucide — si elle
était colorée, c'est qu'elle renfermerait des restes d'héma-
ties, — elle est formée de filaments entrelacés et renferme
beaucoup d'eau (80 p. 100). Faisons-la dessécher, et voilà
une substance dure, cassante, analogue à de la corne, mais
apte à se regonfler par l'humidité. C'est une matière albu-
minoïde contenant un peu de soufre; ses cendres renferment
un peu de phosphate de chaux, de magnésie, de carbonate
de chaux, etc. Insoluble dans l'eau pure, elle se dissout un
peu dans une solution de sel marin, de sulfate et phosphate
de soude, mais se coagule sous l'influence des acides. Elle
décompose rapidement l'eau oxygénée, comme on peut le
voir avec la teinture de gaïac. Son élasticité se décèle par
le fait de la rétraction du coagulum, qui n'a point le calibre
du diamètre intérieur du vase où s'est faite la coagulation;
il est plus étroit tout en conservant la forme du vase. Le
sang contient environ 3 p. 100 de fibrine.

Cette coagulation est un phénomène constant dans la
série animale; toutefois il se produit avec une rapidité très
variable: presque instantanée chez les oiseaux, elle s'établit
avec un peu plus de lenteur chez les mammifères, chez qui
elle commence au bout de 1, 2, ou 3 minutes (chien), parfois
5, 10 ou 15 minutes (bœuf). Chez l'homme, elle commence
au bout de 4 ou 8 minutes, un peu plus tôt chez la femme;
mais chez les *hémophitiques* elle semble retardée ou même
absente, le sang étant très pauvre en fibrine. Chez le cheval
elle est très lente, ne se faisant qu'au bout de plusieurs
heures, en hiver; elle est très rapide chez le cobaye.

Si, d'une façon générale, le sang normal renfermé dans
des vaisseaux sains ne se coagule jamais, il n'en est pas