

SANG ET LYMPHE

L'étude de circulation est l'étude des mouvements du sang et de la lymphe dans l'organisme, et il est logique, avant d'exposer la nature et le but de ces mouvements, d'exposer la nature, les fonctions, et la composition des liquides qui les exécutent. Ce chapitre sera donc consacré au sang et à la lymphe.

SANG

Les tissus vivants respirent : il leur faut donc de l'air pur ; et ayant respiré, ils ont produit de l'acide carbonique qui leur est nuisible ; il faut qu'ils s'en débarrassent. Les tissus vivants se nourrissent : il leur faut des aliments pour reconstituer leur propre substance, et pour leur permettre de fonctionner, et ayant consommé ces aliments, ils ont produit des substances de désassimilation qui sont toxiques, ou à tout le moins inutilisables désormais, et dont il leur faut se débarrasser. La cellule isolée qui vit dans l'eau par exemple exécute aisément ces nombreuses fonctions ; le va-et-vient des matières nutritive et respiratoire et des matières de désassimilation se fait par l'absorption et la diffusion, de façon directe. Mais chez les organismes polycellulaires, et surtout chez ceux dont les cellules sont non seulement nombreuses, mais considéra-

blement différenciées et spécialisées, et constituent un corps de quelque volume, ce mode d'échanges direct n'est plus possible. Les cellules périphériques peuvent à la rigueur vivre de la sorte, mais que feront les cellules centrales, séparées du milieu ambiant ? Elles mourront, et l'organisme périra, s'il n'existe quelque manière de tourner la difficulté. Il en est une, et elle consiste en l'existence d'une intermédiaire entre les tissus et le milieu. Cet intermédiaire est double : c'est le sang et la lymphe. Le sang et la lymphe sont, au point de vue physiologique, essentiellement les intermédiaires entre les tissus et le milieu ambiant, empruntant à ce dernier l'air et les aliments (modifiés, rendus assimilables si c'est nécessaire, par les sucs digestifs), pour les porter à tous les tissus indistinctement ; reprenant à ces mêmes tissus l'acide carbonique produit par la respiration, et toutes les matières de désassimilation nutritive pour les reporter au dehors, ou mieux aux organes chargés de les expulser, comme le rein et le poumon. A la différence des autres tissus de l'organisme, le sang et la lymphe nous intéressent donc bien plus parce qu'ils véhiculent et transportent, que par leur vie propre, par ce qu'ils contiennent que par ce qu'ils sont.

Remarquons bien en passant que le sang sert doublement d'intermédiaire : il transporte les gaz, et une partie des matières alimentaires : la lymphe, elle, qui est du sang moins les globules rouges, transporte surtout les matières alimentaires : tous deux mettent donc le milieu extérieur à la portée de toutes les cellules de l'organisme, et on comprend que Cl. Bernard leur ait donné le nom de *milieu intérieur* si souvent employé. C'est bien en effet un milieu intérieur, en communication constante avec le milieu extérieur, ou cosmique, par le tube digestif, les poumons, le rein, etc.

Chez l'homme et les animaux supérieurs, tous les vertébrés notamment, le sang est un liquide rouge, légèrement

visqueux, à la lumière réfléchie : vu par transparence, il est verdâtre et opaque. Couleur, opacité et viscosité sont dues au fait que ce liquide tient en suspension une énorme quantité de petits corps discoïdes de couleur rouge : dépouillé de

*sangre arterial
o menor o sea
de la penosa de
cervica.*

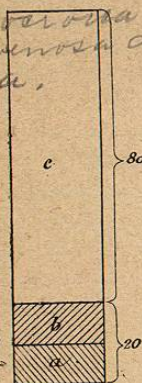


Fig. 4. — Proportions des solides et liquides du sang.

a et b, solides (a, hémoglobine et b, autres solides). — c, liquide.

Sa température est variable selon les espèces ; elle oscille entre 36 et 40°. Sur le même individu elle varie encore selon les points de l'organisme : le sang du cœur droit est plus chaud que celui du cœur gauche ; le sang des parties centrales du tronc est plus chaud que celui des membres et de la peau. Chez les animaux *hétérothermes*, à température variable (animaux dits à sang froid, à température inconstante, comme les mammifères hibernants, les amphibiens, reptiles, poissons et tous les invertébrés), sa

ces globules, le sang est incolore, transparent et de densité faible. La densité du sang total varie non seulement selon les espèces et les sexes ; chez le même individu elle varie surtout selon l'alimentation et l'excrétion urinaire. Elle est de 1,055 en moyenne chez l'homme, moindre chez la femme et l'enfant : le sang veineux est plus dense que le sang artériel.

Son odeur est à peu près celle de la sueur de l'espèce à laquelle il est emprunté ; elle est due à des acides gras et à des principes encore mal connus. Sa saveur est légèrement saline. Sa réaction est toujours alcaline, et cette alcalinité est due au phosphate et au bicarbonate de soude qu'il renferme (Rabuteau). Elle augmente avec l'alimentation alcaline ; mais l'alimentation la plus acide ne peut rendre le sang acide. L'alcalinité du sang correspond à celle d'une solution de soude à 2 ou 4 pour 1 000.

température est légèrement supérieure à celle du corps au même moment, au lieu que, chez les animaux *homéothermes* (animaux à sang chaud, comme l'homme, les mammifères et les oiseaux), elle ne varie pas d'un degré pour une même espèce du pôle à l'équateur. Enfin la *quantité totale* du sang peut être évaluée à cinq ou six litres pour l'adulte : un peu plus du treizième du poids du corps. Cette quantité est fort variable comme l'a vu Cl. Bernard : il peut y avoir des différences du simple au double selon qu'il y a inanition ou pleine digestion. De là les différences dans les doses toxiques, de la strychnine par exemple. A jeun il en faut moins qu'en digestion, parce que dans le premier cas il y a moins de liquide dans le sang et les tissus (Cl. Bernard). Mais il faut bien noter que dans ces variations, toute la différence porte dans la partie liquide (*liquor*) et non sur le *cruor* solide, sur les globules.

Il y a plusieurs procédés pour évaluer la quantité de sang d'un animal. La *saignée* à blanc (Herbst, Heidenhain) ; mais il reste toujours du sang : le tiers ou même la moitié ! La méthode des *mélanges* de Valentin : on saigne l'animal légèrement, et on recherche la quantité de principes fixes (pour 100), et on injecte une quantité connue d'eau distillée ; on fait une deuxième saignée, et on recherche encore la quantité de principes fixes ; elle est naturellement moindre, et la différence permet de calculer la quantité de sang par une opération très simple. Méthode *colorimétrique* de Welcker. On fait une saignée, et on garde le sang ; puis on saigne et tue l'animal, on fait passer de l'eau distillée par le système circulatoire jusqu'à ce qu'elle en sorte incolore ; on hache les tissus avec de l'eau distillée pour en tirer tout le sang et ce mélange de sang, avec une quantité connue d'eau distillée a une certaine coloration. On reprend le sang de la première saignée et on y ajoute ce qu'il faut d'eau pour que la couleur soit la même que celle du mélange. Avec trois quantités connues (sang et eau distillée dans un cas ; eau distillée dans l'autre), il est facile de calculer la quatrième quantité inconnue, celle de la proportion de sang mélangée à l'eau distillée qui a servi à laver les tissus, et qui contient le sang restant après la première saignée. Procédé *spectroscopique* de Preyer. Il consiste à doser l'hémoglobine du sang pur extrait par saignée, puis on remplace peu à peu tout le

sang de l'animal par de l'eau salée en injectant celle-ci jusqu'à ce qu'elle sorte incolore du corps; on dose l'hémoglobine de ce sang mélangé avec une quantité connue d'eau. La proportion du poids du sang à celui du corps est chez l'homme de 1 à 13, avons-nous dit; chez d'autres espèces il varie : $\frac{4}{12}$ - $\frac{1}{13}$ chez la souris et le chien; $\frac{1}{20}$ chez le cobaye et le lapin; $\frac{1}{24}$ chez le chat; $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{13}$ chez les oiseaux; $\frac{1}{15}$ à $\frac{1}{20}$ chez la grenouille; $\frac{1}{11}$ - $\frac{1}{19}$ chez les poissons (Landois). Ranke estime que $\frac{1}{4}$ du sang total est contenu dans les poumons, cœur, artères et veines; $\frac{1}{4}$ dans le foie; $\frac{1}{4}$ dans les muscles; $\frac{1}{4}$ dans le reste des organes.

Tels sont les principaux caractères du sang des animaux supérieurs. Chez les organismes inférieurs, le sang est beaucoup moins constant et fixe. En général, il ne renferme que des leucocytes; sa couleur varie beaucoup; la proportion des sels est aussi très variable, comme celle des matières albuminoïdes. Au surplus, il a été encore peu étudié, et sa physiologie est à faire en grande partie ¹.

Le sang, nous l'avons dit, doit plusieurs de ses caractères à des globules qu'il tient en suspension. Ces globules sont de deux sortes principales : les globules blancs ou *leucocytes*, les globules rouges ou *hématies*. Le sang renferme encore des *globulins* ou *hématoblastes* qui sont peut-être des hématies jeunes, — on en compte de 220 à 350 mille par millimètre cube de sang — et d'autres corps nommés *plaques de Bizzozero* qui doivent peut-être s'interpréter de même façon, *corpuscules de Norris*, leucocytes de Semmer, microcytes, etc. Nous considérerons successivement les *globules* (partie solide) et le *plasma* (partie liquide du sang).

¹ On consultera avec profit les recherches de Frédéricq et la récente thèse de doctorat ès sciences de M. F. Heim sur le *Sang des crustacés* (1892).

COMPOSITION DU SANG DE DIVERS ANIMAUX RAPPORTÉE
A 1000 GRAMMES (A. Gautier)¹

	HOMME de 25 ans (C. Schmidt)	FEMME de 30 ans (Schmidt)	CHEVAL (Hoppe- Seyler)	CHIEN (Sang veineux : Holbeck)	PORC (Bunge)	BOEUF (Bunge)
<i>Globules humides</i>	513.0 ¹	396.2	326.2	357.0	436.8	318.7
Contenant :						
Eau	349.7	272.6	184.3	203.3	276.1	191.2
Hémoglobine et globulines . .	159.6	120.1	141.9	153.8	160.5	127.5
Sels minéraux .	3.7	3.55				
<i>Plasma</i> : . . .	486.9	603.8	673.8	643.0	563.2	681.3
Contenant :						
Eau	439.0	552.0	605.7	587.0	517.9	622.2
Fibrine	3.9	1.91	6.8			
Albumine et matières extractives	39.9	44.79	55.8	56.0	45.3	59.1
Sels minéraux .	4.14	5.07	5.5			

¹ Ce chiffre est trop fort : il varie de 420 à 470.

Globules blancs ou leucocytes. — Les *leucocytes*, découverts en 1770 (Hewson), sont des corps de forme très variable et sans couleur. Ils sont plus volumineux que les hématies : leur diamètre ne dépasse toutefois pas 75 dix-millièmes de millimètre. Leur nombre varie beaucoup; ils sont abondants durant la digestion, rares durant l'inanition; aussi est-il difficile d'indiquer un chiffre moyen : mettons qu'il y en ait 1 pour 500 globules rouges environ, soit 15 000 par millimètre cube de sang.

¹ Chez l'adulte, car chez le fœtus les rapports sont inverses en ce sens qu'il y a plus de globules que de plasma : : 722 : 278.

Ils présentent deux caractères très intéressants. Leur motilité d'abord. Ce sont des amibes, en quelque sorte. En effet, ils se reproduisent, ils se nourrissent, ils excrètent, ils respirent, ils sont irritables et contractiles, ils se meuvent et se déplacent au moyen de pseudopodes, d'expansions de

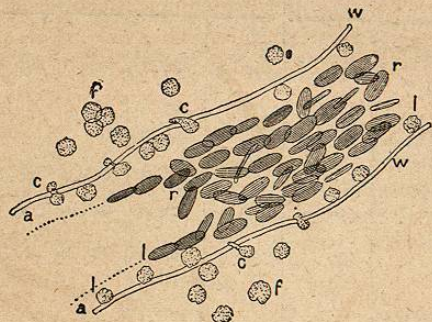


Fig. 5. — Cellules lymphatiques émigrant à travers un capillaire du mésentère de la grenouille.

w paroi du vaisseau. — *aa* couche adhésive de Poiseuille. — *rr* hématies. — *ll* leucocytes cheminant le long de la paroi vasculaire. — *cc* leucocytes à un premier stade de migration à travers cette paroi. — *ff* leucocytes qui ont traversé la paroi.

leur substance, et changent de forme à tout moment, exactement comme une amibe. Ils ont une vie propre et très tenace, très indépendante de celle de l'organisme; ce sont de petits individus, des parasites en quelque sorte. Lieberkühn a gardé en vie 83 jours durant les leucocytes du sang de la salamandre. Ils présentent des phénomènes tétaniques en présence de la chaleur; l'électricité aussi les tétanise et les tue, le curare les paralyse, et ils sont, comme tous les organismes unicellulaires, très sensibles à beaucoup de poisons. Leur second caractère est leur ubiquité. Où ne peuvent-ils aller, en effet, puisqu'ils possèdent la locomotion? Ils ne restent point dans le sang seul, ils traversent les pores des membranes organiques, ils sortent des vaisseaux, et on les trouve partout

dans les mailles du tissu connectif, et ce sont eux qui forment la majeure partie du pus, par *diapédèse*, par migration hors des parois des vaisseaux. (Addison, puis Waller et Cohnheim, 1846 et 1868.) Sur le mésentère de la grenouille on voit les leucocytes s'arrêter le long des parois des veinules, et traverser celles-ci graduellement: le phénomène est plus

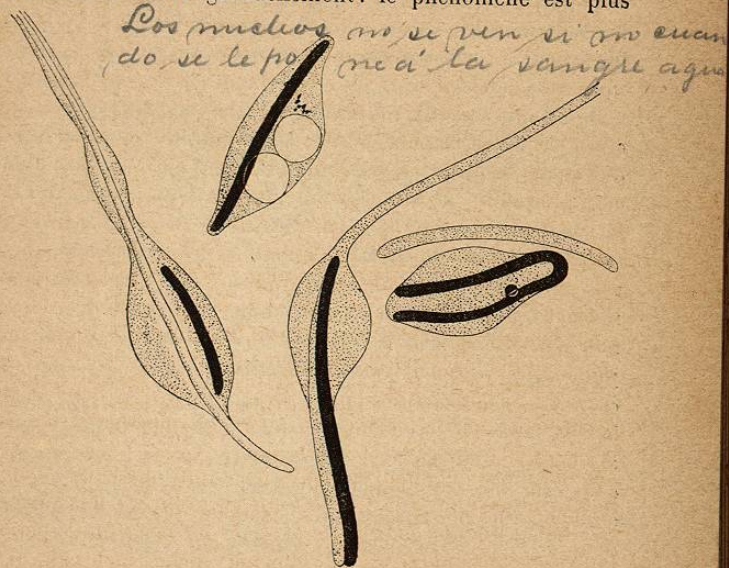


Fig. 6. — Quatre leucocytes de la grenouille renfermant des bactéries mortes (colorées en noir).

facile à voir avec des leucocytes ayant absorbé des grains de bleu d'aniline. Les leucocytes passent-ils à travers des fissures qui existeraient entre les cellules endothéliales, ou passent-ils en se frayant de force un chemin entre ces cellules, ou à travers elles? On ne sait encore; toujours semble-t-il que la diapédèse consiste en les quatre phases suivantes. Les leucocytes adhèrent aux parois vasculaires; ils envoient des

processus à travers celles-ci; la substance qui les compose s'écoule de la masse principale dans le pseudopode qui, de la sorte, devient bientôt la masse principale, elle s'écoule graduellement de telle sorte que le leucocyte a la forme d'un sablier; enfin, tout le leucocyte ayant traversé la paroi se détache de celle-ci et va plus loin. Le déplacement du leucocyte serait favorisé, dans la traversée des parois vasculaires, par la pression sanguine. Nous avons vu que pareille migration se ferait entre les cellules épithéliales de l'intestin.

De récents travaux ont donné à cette diapédèse des leucocytes, et, d'une façon générale, à leur motilité et à leur ubiquité, une signification très intéressante. Les leucocytes et un certain nombre de cellules analogues du tissu conjonctif, de la rate, etc., sont, d'après la théorie de la *phagocytose* de Carl Roser (1881) et de M. Metchnikoff, les défenseurs naturels de l'organisme contre certaines agressions, celle des microbes en particulier. A l'ensemble de ces cellules, dont font partie les leucocytes, M. Metchnikoff donne le nom de *phagocytes*. Ces phagocytes ne combattent pas dans tous les cas : dans le choléra des poules, des gallinacés, ils demeurent inertes, mais si l'on inocule la bactérie du choléra des poules au cobaye, il en guérit le plus souvent, grâce à ses phagocytes qui tout simplement dévorent les bactéries. C'est en englobant les microorganismes étrangers, en les détruisant (dans le foie d'après Werigo, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1892), que les phagocytes, d'après la théorie en question, contribuent à protéger l'organisme, et dans la bataille entre ce dernier et la maladie virulente, c'est le leucocyte — entre autres — qui prendrait les armes. Cette manière de voir donne une importance toute spéciale à certains organes riches en cellules amiboïdes, mais dont on ne connaît guère les fonctions, comme la rate, les glandes lymphatiques, les amygdales, les plaques de Peyer, etc., et elle fournit un appui considérable à la diapédèse dont M. Metchnikoff considère l'existence comme parfaitement

établie : la diapédèse est une des formes de la lutte contre l'ennemi; les leucocytes accourent pour l'englober et le détruire, même s'il n'est ni vivant ni destructible par eux, comme des grains de carmin injectés sous la peau, et s'il est vivant, on le voit bientôt mourir et se désagréger à l'intérieur d'un phagocyte; on peut, en particulier, parfaitement bien voir nombre de microbes morts ou mourants au centre des leucocytes. S'il en est ainsi, les leucocytes deviennent, avec les cellules analogues de l'organisme, des facteurs très

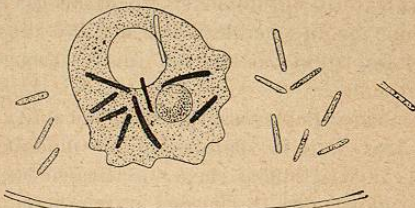


Fig. 7. — Une amilie vivant au milieu de bacilles, dont elle a englobé un certain nombre.

importants dans la pathologie infectieuse, et la diapédèse revêt une signification toute nouvelle¹.

Les leucocytes sont, a-t-il été dit, des cellules; ils ont de un à quatre noyaux, et rien ne les distingue de ceux du pus ou de la lymphe. Ils paraissent formés d'une substance analogue à la mucine, nommée hyaline, et de deux globulines, avec un peu d'albumine, auxquelles se joignent de petites quantités de lécithine, de glycogène, de cérébrine, de cholestérine, et de matières minérales; le noyau est formé d'une substance albuminoïde, la nucléine. A l'intérieur des leucocytes, on distingue un mouvement moléculaire marqué; on le considère parfois comme de nature purement physique, mais il semble plutôt être une manifestation vitale. La tempéra-

¹ Voir entre autres travaux : Metchnikoff. *Leçons sur la Pathologie comparée de l'Inflammation*, 1892 (Masson). Voir aussi : Sims Woodhead. *A discussion on Phagocytosis and Immunity* (Brit. Med. Journal, février 1892).

ture de 50° C. tue les leucocytes, comme l'électricité; le curare les paralyse; dans un milieu privé d'oxygène, ils asphyxient et meurent. Ils sont très sensibles aux variations d'acidité et d'alcalinité; les acides et alcalins dilués en excitent, puis en paralysent la motilité, le chlorure de sodium à 1 p. 100 les excite et tétanise, et leur fait en quelque sorte l'effet d'un vomitif; ils expulsent les parcelles alimentaires qu'ils peuvent renfermer. La quinine, la cinchonidine, etc., à dose faible (1 p. 1 500), paralysent la locomotion, ils ne peuvent plus se déplacer ni traverser les parois des capillaires. La strychnine les tue rapidement: de 2 à 5 centigrammes tuent tous les leucocytes de 100 centigrammes de sang (Maurel)¹.

Leur nombre varie beaucoup, avons-nous dit: il y en a beaucoup plus dans la veine splénique que dans l'artère splénique (1 p. 60 globules rouges au lieu de 1 pour 2,260), et d'une façon générale les veines en contiennent plus que les artères. Il y en a plus après les repas et durant la grossesse que durant le jeûne. Il ne semble pas que le nombre en soit accru chez les individus lymphatiques, mais dans la *leucocythémie*, pendant la suppuration, et pendant certaines affections d'organes lymphatiques — comme la rate — le nombre des globules blancs s'accroît énormément dans le sang qui semble mélangé de lait ou de pus, et ceci peut être dû à ce qu'ils sont produits en plus grand nombre ou à ce qu'ils ne se transforment ou détruisent point. Il semble que les leucocytes proviennent pour la plus grande partie de la lymphe; du reste, on admet l'existence de plusieurs lieux de formation. Les principaux sont la rate, la moelle des os et les glandes lymphatiques, car le sang et la lymphe qui en sortent sont plus riches en globules que ceux qui y entrent, et il semblerait que les leucocytes se

¹ Voir, sur la physiologie des leucocytes, la suite de travaux fort intéressants de E. Maurel (*Recherches Expérimentales sur les leucocytes*, Paris, 1892, Doin), relatifs à l'action de la température, des poisons, etc.

forment un peu partout où il y a du tissu connectif, aux dépens de l'épithélium des lymphatiques et des séreuses, aux dépens du tissu connectif lui-même, etc. Nous ne savons guère la durée de leur vie, non plus que leur destinée. Ils semblent bien servir à produire les globules rouges — et nous reviendrons plus loin sur ce point —; ils semblent aussi, en se divisant, produire de nouveaux globules blancs; on ne peut leur refuser un rôle important dans la destruction de certains éléments étrangers à l'organisme comme les microbes; ajoutons que M. A. Gautier croit que la fièvre est due à un ferment très actif qu'ils sécrèteraient dans des conditions que nous ne connaissons point encore; enfin, il paraît certain que les leucocytes en se détruisant donnent naissance à une substance d'où dérive la fibrine qui joue un rôle si important dans la *coagulation* du sang, dont nous parlerons plus loin.

œritricitos
Globules rouges. — Les *hématies* ou globules rouges, vus en 1638 par Swammerdam dans le sang de grenouille, et en

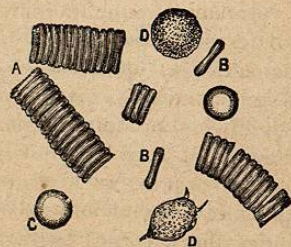


Fig. 8. — Globules du sang humain frais.
A, rouleaux de globules rouges. — B, globule rouge vu de profil
C, globule rouge vu de face. — D, leucocyte.

1673 dans le sang humain par Leeuwenhoek, sont de petites lentilles biconcaves dont le diamètre varie chez l'homme de

65 à 86 dix millièmes de millimètre. Magendie en niait encore l'existence au commencement du siècle.

Leur forme varie selon les espèces : ils sont circulaires chez l'homme et la plupart des mammifères, et elliptiques chez les amphibiens, poissons, oiseaux, reptiles, et, parmi les mammifères, chez les camélidés. Leurs dimensions varient

DIMENSIONS EN DIX-MILLIÈMES DE MILLIMÈTRE DES HÉMATIES DE QUELQUES VERTÉBRÉS

Globules ronds	Globules elliptiques (petit et grand diamètre).	
Eléphant . . . 94	Grenouille. . . 170	255
Homme . . . 76	Crapaud. . . 135	240
Chien. . . . 73	Pigeon . . . 65	147
Lapin. . . . 69	Lama 40	80
Chat 65		
Mouton. . . 50		
Chèvre . . . 41		

plus encore, allant de 0^{mm},6041 chez la chèvre (gl. circulaires), à 0^{mm},0135 \times 0,0240 chez le crapaud (gl. elliptiques) et chez la grenouille. Il semble que les animaux lents aient les hématies plus volumineuses que les espèces agiles. Entre ces deux valeurs extrêmes on trouve tous les intermédiaires, et il est utile de connaître les dimensions des globules rouges des principales espèces animales quand il s'agit, en médecine légale, de déterminer la nature réelle de taches de sang, à condition qu'elles soient récentes, toutefois, car si elles sont anciennes, on ne peut guère avoir la prétention de reconnaître les globules qui se déforment et se détruisent bien vite. Le nombre des hématies varie également : chez l'homme, il s'en trouve en moyenne quatre millions et demi ou cinq millions par millimètre cube de sang, et s'il y a 4,5 litres de sang, celui-ci en renferme 250 000 milliards, et la superficie totale de ces globules équivaldrait à 2,816 mètres carrés, d'après Welcker. Le volume d'une hématie serait de 7 dix-millionièmes de millimètre cube ; son poids

de huit cent-millièmes de milligramme. Ces chiffres sont des moyennes, et selon l'âge, le sexe, etc., le nombre des globules rouges peut être sensiblement inférieur ou supérieur. Le sang du fœtus en renferme moins que celui du nouveau-né ayant respiré, et moins aussi que celui de la mère. D'une façon générale, les hématies sont plus abondantes chez les individus vigoureux, chez les habitants de la campagne, après les repas (de 15 à 18 p. 100), chez les carnivores, chez les vertébrés supérieurs ; chez le même individu, le sang des muscles, des glandes, de la rate en renferme plus que le sang des autres parties du corps, et dans certains états pathologiques, comme l'anémie, la leucémie, la chlorose, les hématies diminuent beaucoup (de moitié). Pourtant elles ne sauraient diminuer au-dessous du chiffre de 500 000 par millimètre cube, sans issue fatale (Sorensen).

La numération des hématies se fait de différentes façons. *Vierordt* mélange une quantité connue de sang avec une quantité connue d'eau sucrée, et prélève une petite partie de ce mélange qu'il étale sur une plaque de verre avec un peu de gomme en solution : il laisse sécher et compte ensuite ; un calcul facile donne le chiffre cherché. *Malassez* fait un mélange de proportions connues de sang et d'une solution de sulfate de soude à 5 ou 6 p. 100, au moyen d'une pipette spéciale (mélangeur Potain), et introduit ce mélange dans un tube fin en verre, de calibre connu (capillaire artificiel) ; on compte sur un micromètre quadrillé. En somme, les méthodes les plus récentes ne possèdent point sur celle de *Vierordt* de supériorité bien marquée, et ceux mêmes qui se sont le plus occupés de la question déclarent qu'on se trompe très facilement d'un demi-million de globules par millimètre cube. Dans ces conditions, on évitera de comparer entre eux les chiffres fournis — fût-ce par la même méthode — par des observateurs différents, et on n'accordera quelque confiance qu'aux valeurs données par le même observateur employant toujours le même procédé, l'erreur ayant plus de chances d'être constante et de même sens.

La densité des globules rouges est de 1,405 ; ils sont mous et remarquablement élastiques ; ils changent de forme quand le calibre des capillaires l'exige, et s'étirent pour

reprennent ensuite leur forme quand les dimensions de ceux-ci le permettent. Ils semblent contractiles. La contractilité existe assurément chez les jeunes globules, mais moins prononcée chez les hématies adultes; pourtant, dans certaines maladies, elle serait tout à fait comparable à ce qu'elle est chez les hématies de formation récente.

Quiconque a examiné au microscope du sang tiré des vaisseaux a remarqué la façon singulière dont les globules rouges s'agglomèrent en rouleaux ou en piles, en se superposant les uns aux autres en grand nombre, comme une pile d'assiettes ou un rouleau de pièces de monnaie. Cette particularité ne s'observe jamais sur le sang *in situ*, et les causes en sont mal connues. Il y a une attraction évidente d'hématie à hématie, et sur ce point Norris a fait des expériences ingénieuses montrant que des disques en liège suffisamment alourdis par de petits clous pour flotter entre deux eaux restent indépendants et isolés comme les hématies *in situ*, au lieu que les mêmes disques, allégés de façon à émerger partiellement de l'eau, s'attirent et se disposent en rouleaux grâce à la capillarité. La capillarité serait donc la cause de la formation des rouleaux, et ceci expliquerait pourquoi les rouleaux ne se forment que dans des préparations en surface. D'autres explications ont été proposées; on a parlé d'une altération de l'enveloppe des hématies, d'une exsudation fibrineuse ou visqueuse déterminant une adhérence réciproque; mais il ne semble pas que l'hypothèse de l'attraction soit exclue: il faut toujours une raison pour le rapprochement des hématies qui sont évidemment altérées. Les altérations sont considérables dans un autre cas dont il nous faut dire un mot, dans le cas où le sang extrait des vaisseaux est abandonné à lui-même. On voit alors les hématies prendre un aspect ridé ou crénelé: elles se rident et se déforment de telle sorte que chacune d'elles rappelle plus ou moins une petite mûre. Cette crénation est probablement due à des changements de compo-

sition provenant de courants osmotiques. Klebs l'attribue à une contraction active des hématies. En présence d'un certain nombre d'agents, les hématies se modifient beaucoup. La chaleur (vers 50° ou 52° C.) détermine des changements de forme; les hématies s'étranglent, se fragmentent en parcelles qui restent souvent unies en forme de chapelet, et meurent bientôt. Par contre, le froid conserve les hématies intactes et vivantes: des hématies placées dans un vase entouré d'eau glacée restent vivantes quatre ou cinq jours; mais passée cette limite, elles meurent: introduites dans le sang, elles se fragmentent. L'électricité statique produit la crénation, et parfois l'hématie revêt l'aspect d'une boule couverte de piquants. Si l'électrisation continue, les altérations sont plus profondes encore: les hématies prennent une forme sphérique par disparition des saillies pointues ou arrondies, et se fondent les unes avec les autres comme des gouttes d'huile; en même temps elles se décolorent, leur hémoglobine passant dans le sérum et abandonnant les globules. Les courants induits agissant à peu près de même; et le courant constant détermine l'électrolyse: Tarchanoff a vu se produire sous son influence un curieux mouvement des granulations vitellines d'un pôle à l'autre sur les hématies des têtards. L'eau rend les globules plus sphériques, mais à trente pour un, elle les décolore en dissolvant l'hémoglobine; cette décoloration est du reste opérée par un grand nombre d'autres agents. Les alcalis et les acides déterminent des changements de forme des hématies, puis leur décoloration, puis leur dissolution. L'agitation avec le mercure détermine la destruction complète des hématies, à moins que l'on ait ajouté un peu d'acide pyrogallique (20 p. 100), ou de nitrate d'argent (3 p. 100). Si l'on traite les hématies par un peu de mercure pour défibriner du sang de grenouille mélangé d'un peu de solution de sel commun et si l'on examine ensuite le sang, on voit souvent s'échapper des hématies une masse protoplasmique que Gaule a appelée

« *würmchen* » ou petit ver, et qui se dissout bientôt. C'est probablement un cytozoaire, un parasite, le *Drepanidium ranarum* de Ray Lankester. La bile et les sels biliaires détruisent et dissolvent rapidement les hématies. L'urée fait de même, du moins chez les ovipares : encore cela n'est-il pas bien certain. L'acide urique semble inactif, mais la créatine et le carbonate d'ammonium seraient des dissolvants. Enfin le sérum détruit les globules du moment où ceux-ci viennent du sang d'une espèce animale différente ; ils s'y décolorent, puis se fondent sans laisser d'autres traces que des filaments inutiles, comme on peut le voir en injectant à un animal quelconque le sang d'un animal d'espèce différente. Ceci indique suffisamment que la transfusion du sang entre espèces différentes ne peut avoir d'utilité.

On rapprochera de cette action *globulicide* du sérum étranger, l'action *bactéricide* de ce même sérum pour certains micro-organismes.

Tandis que certaines espèces sont particulièrement, et même à l'état de nature, exclusivement sujettes à certaines maladies infectieuses, d'autres présentent à l'égard de ces mêmes maladies une immunité tout à fait caractéristique ; c'est ainsi que le chien et la chèvre sont peu aptes à prendre la tuberculose, et beaucoup d'exemples analogues pourraient être cités. Il se pourrait fort bien que cette immunité fût due, en partie, à une action bactéricide du sérum des espèces réfractaires (d'où l'idée de traiter certaines maladies infectieuses par injection de sang d'une espèce réfractaire, Rondeau, Richet, Héricourt, Bertin, Picq, etc.) et si l'on connaissait mieux les différences de composition chimique qui existent certainement entre le sérum d'espèces différentes, on comprendrait cette action. Jusqu'ici on a caractérisé les espèces animales ou végétales en termes morphologiques, au moyen de caractères extérieurs ; mais il ne faut pas oublier que derrière ces différences extérieures, il y a des différences plus intimes, moins apparentes, exigeant pour se révéler des méthodes délicates, des différences d'ordre chimique sur lesquelles on n'a point assez fait porter les investigations, et qui ont probablement, au point de vue de la biologie, une bien autre importance que les différences morphologiques ; des différences qui expliqueront maintenant fait pathologique et physiologique dont la cause nous échappe

actuellement¹. L'action bactéricide du sérum est encore mal connue, malgré quelques tentatives très intéressantes. Faggioli (*Arch. Ital. Biol.*, t. XVI) a vu que le sérum est fort délétère pour les protistes, protozoaires, etc., en général : mais il y a des exceptions. Chenot et Picq (*Soc. Biol.*, 1892) ont noté l'action bactéricide du sérum des bovidés sur le virus morveux. Tarnier et Chambrelent (*ibid.*) ont vu que la toxicité du sérum humain (10 centimètres cubes de sérum tuent 1 kilogramme de lapin d'après Rummo) est accrue durant l'éclampsie. Voir encore Charrin et Roger (*ibid.*, 1890) et Daremberg (*ibid.*, 1891) d'après les expériences duquel le sérum de chien dissout les globules de cobaye en deux ou trois minutes, de pigeon en vingt-cinq ou trente minutes. Il semble que le sérum du lapin bien portant est moins globulicide que celui du lapin amaigri. Le chauffage à 50-60° C. détruit la propriété globulicide qui, dans le sang abandonné à lui-même, disparaît en dix jours (lapin). Maragliano et Castellino notent que le pouvoir globulicide est plus grand pour le sérum d'homme malade que pour celui d'homme sain. (Voir encore Hayem, *C. Rendus*, 1888².)

L'origine des hématies est encore l'objet de discussions nombreuses. Avant la naissance, avant le moment où l'embryon a acquis son développement, les hématies se forment dans le feuillet moyen du blastoderme en même temps que les vaisseaux, par des sortes d'îlots sanguins, dits de Wolff, qui se réunissent en un réseau à mailles multiples, les cellules centrales devenant globules rouges, et les cellules périphériques formant les parois des vaisseaux. Pour Ranvier, les îlots seraient précédés de cordons cellulaires pleins, anastomosés en réseau, et les îlots seraient formés d'hématoblastes qui par leur multiplication donnent des globules rouges. Ces globules rouges peuvent se multiplier par scission ; ils sont

¹ Voir *Experimental Evolution* par Henry de Varigny. Macmillan (Londres), 1892, ch. II et III.

² Voir en particulier les travaux de J. Héricourt et Ch. Richet. On trouvera une bonne bibliographie générale dans Héricourt : *Le sérum du chien dans la tuberculose* (*Arch. générales de médecine*, avril 1892). On remarquera que Flügge, Büchner et d'autres exaltent l'action bactéricide du sérum aux dépens de la phagocytose. Voir aussi le travail de Sims Woodhead déjà cité. D'après G. d'Abundo, le sérum des fous est moins toxique que celui des sains d'esprit.

pourvus d'un noyau. Il se forme encore des hématies après la naissance aux dépens de cellules dites vaso-formatives (Ranvier), qui se trouvent dans le tissu cellulaire ; mais ce mode n'a qu'une courte durée. (Pour détails voir les traités d'Embryologie et d'Histologie.) Chez l'adulte, il semble bien que les hématies dérivent en partie des globules blancs, et les globulins ou hémato blasts de Hayem seraient formés par les leucocytes, et se transformeraient en hématies. Recklinghausen a recueilli du sang de grenouille à l'abri de germes extérieurs, et a vu ce sang, conservé ainsi pendant plus d'un mois, présenter des globules rouges qui semblaient bien de formation nouvelle ; mais quel est le mécanisme de la transformation ? On ne sait encore, mais il y a des formes de passage entre le leucocyte et l'hématie. Notons en passant que, pour Pouchet, le leucocyte est non le père, mais le frère de l'hématie ; tous deux dériveraient d'un même élément qu'il nomme leucocyte primaire, et qui, selon les cas, donnerait naissance soit à des leucocytes, soit à des hématies. En somme donc, les hématies se formeraient (après le stade embryonnaire) aux dépens de leucocytes, de globules rouges à noyau ou cellules de Neumann, de myéloplaxes, d'hématoblastes ; et cette formation aurait lieu partout où se trouvent ces éléments, et principalement dans la moelle des os, le foie, la rate et les glandes vasculaires sanguines. (Voir le chapitre consacré à ces dernières.)

Que deviennent ces hématies une fois formées ? Elles se multiplient : cela est du moins probable, bien que le mécanisme exact de la multiplication prête encore à la discussion ; elles vivent un certain temps, accomplissent les fonctions physiologiques dont nous aurons à parler bientôt, et puis elles meurent. La durée de leur vie est inconnue. On voit bien que, parmi les hématies, il en est de très jeunes et que d'autres sont plus âgées ; les différences de volume, de couleur, de consistance, de composition chimique indiquent bien l'existence de quelque évolution, mais la durée normale

de celle-ci est inconnue. Elles meurent enfin, et leur mort semble s'effectuer le plus souvent au lieu même où elles prirent naissance, dans le foie et la rate. Le foie, en effet, sécrète la bilirubine et celle-ci dérive de l'hémoglobine ; l'ingestion d'hémoglobine dans la veine porte est suivie d'une augmentation dans la production de la bilirubine (Naunyn), et la rate renferme beaucoup d'hématies âgées, en voie de désorganisation, souvent englobées par des leucocytes (qui peut-être s'en nourrissent ?) ; elle renferme aussi beaucoup de fer qui proviendrait de cette destruction (Picard). Il meurt évidemment beaucoup de globules rouges chaque jour, et il doit par conséquent s'en former beaucoup ; du reste, on sait combien la réparation sanguine est rapide après les hémorragies.

Et maintenant, examinons les hématies de plus près ; voyons ce qu'elles sont, et à quoi elles servent.

Anatomiquement, ce sont des cellules, et des cellules *sans noyau*. Elles en ont bien un durant la vie embryonnaire : chez l'homme adulte, elles en manquent absolument, sauf peut-être dans certains cas pathologiques ; les hématies des amphibiens possèdent toutefois un noyau. Ces cellules ont une membrane d'enveloppe que d'aucuns croient contractile ; cette membrane est-elle une membrane véritable ; une membrane d'enveloppe à double contour, comme le croient beaucoup d'histologistes ; ou bien n'est-ce qu'une vaine apparence, due à une sorte de condensation du protoplasma ; nous ne savons. Peut-être cela n'a-t-il d'ailleurs qu'une médiocre importance. Quoi qu'il en soit de cette dispute d'histologistes, l'hématie se présente à nous sous forme d'une masse demi-solide composée d'une charpente poreuse, réticulée, molle, transparente, que Brücke a nommée *oïkoïde* par opposition au *zoïde*, substance contractile, colorée et vivante qui est logée dans les pores de l'oïkoïde. On distingue plus communément l'oïkoïde sous le nom de *stroma*, et la substance liquide, épaisse, colorée, qui l'imprègne