

paraglobuline. Ainsi le phénomène de la coagulation, pour SCHMIDT, consisterait dans la combinaison chimique du fibrinogène et de la paraglobuline; mais pour que cette combinaison se fasse, il faut de plus un ferment. Ce ferment soluble (*fibrin ferment*) est formé par les globules blancs, et sa production est le résultat d'une décomposition de ces éléments. Certains liquides de transsudation du sang, comme le liquide de l'hydrocèle, bien qu'ils contiennent les éléments générateurs de la fibrine, ne se coagulent pas parce que le ferment fait défaut. Mais qu'on y ajoute le ferment, et le coagulum apparaît.

c. *Interprétation d'Hammarsten.* — Cependant la théorie de SCHMIDT ne paraît pas exacte en tous points, d'après les recherches de HAMMARSTEN. Ce dernier, ayant réussi à préparer des solutions de fibrinogène pur, est parvenu à les faire coaguler en y ajoutant seulement du fibrin-ferment également pur. L'intervention de la paraglobuline ne serait donc pas nécessaire; il est vrai toutefois que lorsque la coagulation se fait au contact de cette matière, le rendement en fibrine est plus considérable, ce qui tiendrait seulement, d'après HAMMARSTEN, à une action de présence. De plus, cet auteur (et son opinion nous ramène à une théorie voisine de celle de DENIS) admet que le fibrinogène se transforme en fibrine par un dédoublement dont les produits sont: la fibrine concrète et une globuline coagulable à 64°.

d. *Rôle des sels de chaux.* — D'après les recherches d'ARTHUS, il est une autre condition indispensable pour que la coagulation ait lieu: c'est que le plasma contienne une certaine proportion de sels de chaux. En effet, du sang décalcifié par addition d'un oxalate d'alcali reste liquide parce qu'il se forme un oxalate de chaux insoluble. L'action des sels de chaux dans le phénomène de la coagulation a été interprétée par ARTHUS de la façon suivante: la fibrine serait un composé albumino-calcique et ne pourrait par conséquent prendre naissance qu'en présence du calcium. Mais récemment HAMMARSTEN a montré que cette action du calcium ne porte pas en réalité sur la formation de la fibrine, mais bien sur celle du ferment. Il n'existe, en effet, point de ferment dans le sang circulant, mais, selon toute

vraisemblance, un *zymogène* ou *proferment*; or, le calcium servirait précisément à la transformation du zymogène en ferment.

Quoi qu'il en soit, dans l'une ou dans l'autre théorie, la fibrine concrète serait le résultat, soit d'une combinaison chimique, soit au contraire d'un dédoublement. Pourtant on entrevoit une autre interprétation possible. En adoptant les vues de DUCLAUX sur la *caséification* du lait, qui est comparable à la coagulation du sang, on pourrait admettre que la fibrine dissoute ou fibrinogène et la fibrine concrète ne sont qu'une seule et unique substance se présentant sous deux états physiques différents: la modification dans le passage de l'une à l'autre porterait uniquement sur l'état moléculaire et non sur la composition chimique. On pourrait avec DUCLAUX comparer le phénomène à celui de la coagulation du sulfate de quinine qui possède la singulière propriété de se prendre en masse dans ses solutions, en présence d'une trace de sulfate d'ammoniaque. Il est clair que la composition chimique du sulfate de quinine est la même sous l'un et l'autre état.

B. VARIATIONS DE LA COAGULATION. — Il existe des variations normales de la *coagulabilité* du sang; de plus, cette propriété peut être favorisée ou au contraire entravée par diverses conditions.

a. *Variations spontanées de la coagulabilité du sang.* — Chez les mammifères, le sang se coagule après sa sortie des vaisseaux; il devient encore plus coagulable après une abondante hémorragie. Le sang du cheval met toutefois un temps un peu plus long à se prendre en caillot (quinze à vingt minutes); cette lenteur relative de la coagulation permet aux éléments figurés de se déposer partiellement, de telle sorte que le caillot n'est pas homogène; sa partie supérieure, à peu près dépourvue de globules rouges est presque incolore et présente un aspect lardacé (*couenne*).

Chez les oiseaux, et d'une façon générale chez tous les vertébrés à globules rouges nucléés, le sang prélevé directement dans les vaisseaux ne se coagule qu'au bout d'un temps très long, comme l'a découvert DELEZENNE. Le plus souvent ce sang

reste complètement liquide pendant plusieurs jours. Mais son simple contact avec les tissus suffit à provoquer la coagulation immédiate; c'est ainsi que le sang des oiseaux tués par décapitation se prend presque instantanément en masse.

b. *Influences qui accélèrent la coagulation.* — La coagulation est accélérée par le contact du sang avec les corps étrangers, surtout lorsqu'ils sont rugueux, par une température élevée mais ne dépassant pas  $+ 36^{\circ}$ , par l'addition d'extraits d'organes, de sang défibriné, de sérum sanguin.

c. *Influences qui retardent ou empêchent la coagulation.* — La coagulation peut être retardée ou même empêchée par l'action du froid, par l'addition au sang *in vitro* de sels neutres (solutions concentrées de sulfate de soude ou de magnésie), par les oxalates et les fluorures alcalins, par l'extrait de têtes de sangsues (HAYCRAFT), l'*histone* (substance retirée par LILIENFELD des leucocytes, du thymus, des ganglions lymphatiques, etc.), la *cytoglobine* (substance préparée par SCHMIDT et qui paraît être très voisine de l'*histone*).

D'autres agents exercent aussi sur la coagulation une action empêchante; mais, à l'inverse des précédents, ils sont dépourvus d'action *in vitro* et n'agissent efficacement que s'ils sont injectés dans le torrent circulatoire. Tels sont la peptone (SCHMIDT MÜLHEIM) ou plus exactement les albumoses, le sérum d'anguille (Mosso), l'extrait des muscles d'écrevisses (HEIDENHAIN), les ferments solubles, certaines toxines microbiennes, les venins, etc. DELEZENNE a démontré que tous ces agents exercent leur effet suspensif sur la coagulation par l'intermédiaire du foie: injectés dans les vaisseaux, ils provoquent la destruction immédiate de la majeure partie des leucocytes; cette *leucolyse* met en liberté dans le plasma sanguin deux ordres de substances à propriétés opposées, les unes coagulantes, les autres anti-coagulantes (*histone* vraisemblablement); le foie retient, neutralise ou détruit les premières, tandis qu'il laisse les secondes en solution dans le plasma. On peut mettre en évidence cette action d'arrêt exercée par le foie sur les principes coagulants en faisant circuler à travers cet organe du sang défibriné ou du sérum sanguin. Ces liquides, qui dans les conditions ordinaires, jouissent

de propriétés coagulantes très marquées, perdent complètement cette action après leur passage à travers le foie.

Toutes ces substances *anticoagulantes* qui exercent leur action par l'intermédiaire du foie, jouissent en outre de la remarquable propriété d'augmenter considérablement la formation de la lymphe dans le foie, et d'accélérer le cours de ce liquide dans le canal thoracique: ce sont des *lymphagogues* (voy. p. 177). De plus elles produisent en même temps un abaissement considérable de la pression sanguine.

### C) RÔLE DU SANG

Le sang est le liquide nourricier de l'organisme. Il porte aux tissus les matériaux de réparation et l'oxygène en rapporte les produits d'usure et de combustion ( $\text{CO}_2$ ).

Tel est son rôle général que nous examinerons tout d'abord. Il conviendra ensuite d'établir quel est le rôle spécial dévolu à chacun des éléments figurés.

1° **Rôle général du sang.** — Pour juger de l'importance du sang comme liquide nourricier, il suffit d'envisager les effets de la saignée et de la transfusion.

A. **HÉMORRAGIE.** — Les pertes de sang un peu considérables amènent la pâleur des tissus, l'épuisement, la faiblesse musculaire, l'anhélation, la soif, la syncope. Lorsqu'on saigne un animal à blanc, à un certain moment apparaissent des convulsions: l'anémie agit donc comme un excitant sur les centres nerveux. P. BERT a prouvé que si l'on pousse la saignée jusqu'à l'apparition de ces mouvements convulsifs, l'animal ne peut plus survivre. Si la perte de sang atteint environ le  $\frac{1}{20}$  du poids du corps, la mort est à peu près fatale chez le chien. Cela représente chez un homme de 60 kilogrammes une perte de 3 kilogrammes; cependant chez l'homme une perte de 2 kilogrammes est souvent mortelle. Quand l'hémorragie reste en deçà de ces chiffres, l'animal peut survivre et, dans ce cas, la masse de son sang se reproduit avec une extraordinaire rapidité aux dépens du plasma interstitiel; les tissus sont ainsi

privés d'une partie de leurs liquides d'imbibition (d'où la soif ardeur qu'éprouvent les blessés qui ont perdu beaucoup de sang).

Quand les hémorragies sont moins abondantes, mais répétées par intervalles (*saignées coup sur coup*), la perte de sang peut devenir considérable sans entraîner la mort. Piorry a pu sans tuer les animaux, leur extraire en quatre ou cinq jours une quantité de sang égale au 1/10 du poids au corps. L'hémorragie rend le sang qui reste dans les vaisseaux plus coagulable : circonstance heureuse qui favorise la formation du caillot obturateur du vaisseau.

**B. TRANSFUSION.** — Si à un animal qui meurt d'hémorragie, on injecte dans les vaisseaux soit son propre sang, soit celui d'un animal de même espèce, on voit réapparaître progressivement tous les phénomènes de la vie, et l'on assiste pour ainsi dire à une résurrection. Ce phénomène peut être provoqué dans une partie quelconque de l'organisme; ainsi la ligature de l'aorte abolit presque immédiatement l'irritabilité de la moelle épinière, ce qui se traduit par la paralysie du train postérieur de l'animal (expérience de STENON); qu'on enlève la ligature, le cours du sang se rétablit et la paralysie disparaît progressivement. L'action vivifiante du sang apparaît encore dans l'admirable méthode des circulations artificielles imaginée par LUDWIG : on peut rappeler et entretenir la vie dans les organes séparés du corps d'un animal, en faisant circuler du sang défilé dans leurs vaisseaux, et de la sorte étudier le fonctionnement de ces organes en dehors de l'organisme. BROWN-SÉQUARD a même pu ranimer la tête d'un chien séparée du tronc en injectant du sang par les carotides. On comprend par là que la transfusion puisse rendre de grands services en médecine dans les cas d'hémorragie abondante. Elle a été pratiquée pour la première fois chez l'homme par J. DENIS, en 1667. Les effets de la transfusion proviennent évidemment de la restitution à l'organisme des éléments indispensables à sa nutrition; mais ils sont dus en partie aussi au rétablissement de la tension sanguine abaissée par l'hémorragie au-dessous de la valeur qui est nécessaire pour que les échanges nutritifs s'opèrent entre le sang et

les tissus; ce qui le prouve, c'est qu'on peut ranimer un animal épuisé par une copieuse saignée, au moyen d'une injection d'eau salée dans les veines.

Pour que la transfusion ne produise aucun accident, il est nécessaire que l'animal qui fournit le sang soit de la même espèce que le transfusé. Le sang d'une espèce donnée est en effet toxique pour une autre. En outre, quand on injecte des solutions salines dans le torrent circulatoire, il faut se conformer aux lois de la *pression osmotique*, et se servir de solutions isotoniques avec le plasma sanguin.

a. *Toxicité du sang.* — La transfusion à un animal du sang d'une espèce différente amène des désordres graves: fièvre, hématurie, coagulations intravasculaires. C'est que le liquide sanguin a la propriété d'agglutiner et de dissoudre les globules provenant d'une autre espèce animale. Cette toxicité du sang est très accusée chez quelques espèces: ainsi le sang de certains poissons, l'anguille par exemple, est très venimeux pour les mammifères (Mosso), celui des oiseaux l'est moins. Le sérum des mammifères herbivores (mouton, cheval) est peu toxique pour l'homme, du moins en injections sous-cutanées (d'où son emploi en *sérothérapie*). La propriété globulicide du sérum appartient à une substance spéciale à laquelle BÜCHNER a donné le nom d'*alexine*; elle disparaît par un chauffage de quelques minutes à 55° C. (Voir p. 173, *Sérums hémolytiques*.)

b. *Pression osmotique du sang.* — D'après ce qui a été exposé antérieurement sur la pression osmotique (voy. p. 37), on doit comprendre que le liquide sanguin représente une solution d'une certaine *concentration moléculaire*. Cette concentration moléculaire, ou la valeur de la tension osmotique du plasma, est remarquablement fixe chez le même animal et à peu près identique chez les différentes espèces. La *cryoscopie* montre en effet que l'abaissement du point de congélation du sérum est toujours de 0,55. Cela correspond à une solution de chlorure de sodium de 0,95 p. 100 environ. Une solution de NaCl à ce titre est donc *isotonique* avec le sang (*sérum physiologique*). Les globules sanguins qu'on y dépose, ne changent pas de volume; par contre dans les solutions plus fortes (*hypertoni-*

ques), ils se ratatinent en perdant de l'eau, et dans les solutions plus faibles (*hypotoniques*), ils se gonflent en absorbant de l'eau, et commencent à laisser diffuser leur hémoglobine quand la proportion du NaCl tombe vers 0,5 p. 100 (*valeur limite isotonique*, voy. p. 40). On voit que la concentration moléculaire du sérum sanguin est notablement plus élevée que celle d'une solution limite; aussi pour l'abaisser à cette valeur limite, il faudrait diluer le sérum de 50 à 80 p. 100 d'eau.

Si, dans les transfusions de sérum artificiel, il convient d'employer des solutions salines isotoniques avec le plasma sanguin, il ne s'ensuit pas cependant que des désordres graves doivent résulter forcément de l'injection de solutions à pression osmotique plus forte ou plus faible. En effet, si la solution est *hypotonique*, le sang se trouve dilué par l'eau; mais aussitôt les tissus lui enlèvent cet excès d'eau et lui cèdent de leurs sels, de manière à rétablir la pression osmotique à sa valeur normale. Si la solution est *hypertonique*, un phénomène inverse a lieu: l'équilibre est immédiatement rétabli par un apport d'eau des tissus au sang dont la masse augmente; il se produit ainsi une *pléthore hydrémique* qui n'est que transitoire, parce que l'eau et le sel en excès ne tardent pas à être éliminés par les divers émonctoires et surtout par les reins. De la sorte, la pression osmotique du sang ne subit que des fluctuations passagères et revient toujours à sa valeur physiologique (comparez avec phénomènes d'absorption décrits p. 142).

**2° Rôle spécial des éléments figurés du sang.** — Examinons séparément ce qui revient à ce point de vue aux globules rouges et aux globules blancs.

**A. GLOBULES ROUGES.** — Les globules rouges n'ont pas d'autre rôle que celui de transporter dans toutes les parties du corps l'oxygène pris à l'air atmosphérique au niveau des alvéoles pulmonaires. Ce sont les convoyeurs de l'oxygène. Cette fonction spéciale, ils la doivent au pigment rouge qu'ils renferment, à l'hémoglobine qui jouit de la propriété de former avec l'oxygène une combinaison lâche, facilement dissociable, l'oxyhémoglobine.

**B. GLOBULES BLANCS.** — Les fonctions des globules blancs sont multiples et doivent être envisagées à plusieurs points de vue.

**a. Irritabilité des leucocytes et leur rôle dans la nutrition.** — Le leucocyte, véritable petit organisme unicellulaire, analogue à une amibe, présente tous les caractères de la vie. Il est irritable et contractile; par les *pseudopodes* qu'il émet, il change de forme, se déplace, englobe et digère les particules solides qui viennent le toucher. C'est grâce à leurs *mouvements amiboïdes* que les leucocytes peuvent traverser les parois des capillaires (*diapédèse*) et pénétrer dans les lacunes du tissu conjonctif (voy. fig. 70, p. 223). Tandis que les globules rouges dans les conditions normales, restent toujours dans les vaisseaux sanguins, les globules blancs au contraire peuvent en sortir, émigrer dans les interstices des tissus (*cellules migratrices*); la diffluence particulière de leur corps protoplasmique leur permet en effet de se déformer et de traverser en s'effilant les plus fins pertuis. De la sorte, ils constituent les *intermédiaires morphologiques* qui établissent les échanges nutritifs entre le sang et les tissus. Les leucocytes ont leurs mouvements amiboïdes activés par la chaleur jusqu'à une certaine température; à 40° ils sont tétanisés et rentrent leurs pseudopodes; à 50° ils sont tués. La présence de l'oxygène est indispensable à la production de leurs mouvements; dans une préparation recouverte d'une lamelle, les leucocytes se dirigent tous vers les bords de la lamelle ou autour des bulles d'air, c'est-à-dire vers l'oxygène.

**b. Rôle de défense. Phagocytose.** — Les globules blancs (les mononucléaires et polynucléaires) jouent un rôle capital comme défenseurs de l'organisme contre les corps étrangers; ils représentent à ce point de vue un *corps de police* admirablement constitué et fortement armé pour la lutte. D'abord, ils ont un flair particulier qui leur permet de distinguer de loin les substances qu'ils aiment et vers lesquelles ils sont attirés, de celles qui leur répugnent et qu'ils fuient (*sensibilité chimiotactique*, voy. p. 65). Arrivés sur l'intrus, il s'en emparent, l'englobent par leurs pseudopodes et le noient dans leur masse, en se mettant à plusieurs s'il est trop gros; et comme leur substance protoplasmique est douée de propriétés digestives très fortes, le corps

englobé se désagrège peu à peu et finit par disparaître entièrement ; il a été mangé et digéré par le *phagocyte* (fig. 34). Ainsi disparaissent les corps solides qui ont pénétré avec effraction dans l'organisme (par exemple, les fils à ligature de catgut employés en chirurgie), les cellules vieilles et dégénérées, les

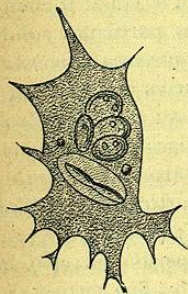


Fig. 34.

Leucocyte de grenouille (phagocyte) contenant une bactérie en partie digérée (d'après METCHNIKOFF).

organes larvaires (exemple : résorption de la queue du têtard), les éléments nécrosés à la suite d'une blessure, etc. Sous ce rapport les leucocytes accomplissent dans le corps un véritable service de voirie.

Lorsque les corps étrangers sont des être vivants doués eux aussi de moyens de défense, comme certains microbes qui sécrètent des poisons redoutables, une véritable lutte s'engage entre eux et les leucocytes. Ceux-ci, accourus de toutes parts vers la région envahie, y déterminent ce qu'on appelle la *réaction inflammatoire*, et, si cette première ligne de résistance est vaincue, le combat continue dans les humeurs et dans certains organes comme la rate. Du sort de la lutte dépend la guérison ou la mort de l'organisme infecté, et lorsque celui-ci sort victorieux de l'épreuve, il le doit à ses phagocytes qui ont réussi à dévorer les envahisseurs. Après la victoire, les leucocytes sont devenus mieux armés pour une nouvelle lutte ; ils se sont aguerris. De la sorte, une seconde infection de l'organisme par une même espèce microbienne peut être devenue impossible ; on dit alors que l'animal est *vacciné* ou qu'il a acquis l'*immunité*.

Tels sont les phénomènes de la *phagocytose* dont nous devons la connaissance aux beaux travaux de METCHNIKOFF. On remarquera qu'il ne s'agit là que d'un cas particulier de la *digestion intracellulaire* (voy. p. 33).

c. Rôle dans la formation des anticorps. — C'est encore au leucocyte qu'il faut attribuer, d'après METCHNIKOFF, la formation de certains contrepoisons dans le sang. Il arrive en effet qu'après

une infection de l'organisme par certaines bactéries virulentes, et d'une manière générale par tout élément cellulaire possédant quelque toxicité, et capable d'être digéré par les phagocytes, le sérum sanguin acquiert des propriétés *antitoxiques* nouvelles et *spécifiques* contre l'élément envahisseur (*sérums bactéricides*, *sérums cytotoxiques*). Or la substance antitoxique serait un produit d'excrétion du leucocyte et la conséquence de la digestion intracellulaire.

Le mécanisme d'action des anticorps spécifiques est éclairé d'une vive lumière par les travaux de J. BORDET sur les *sérums hémolytiques*. Lorsqu'on injecte à un animal d'une espèce déterminée des globules rouges d'une autre espèce, son sérum ne tarde pas à acquérir la propriété de dissoudre les globules de l'espèce étrangère ; ce pouvoir hémolytique est beaucoup plus énergique que le pouvoir hémolytique du sérum normal, et de plus est *spécifique*, c'est-à-dire ne se montre que sur les globules de l'espèce animale qui a fourni le sang injecté. En outre, ces globules avant de se dissoudre sont fortement *précipités* et *agglutinés* par le sérum spécifique. Soit un lapin injecté de sang de cobaye dans la cavité péritonéale. Les phagocytes du lapin s'emparent bientôt des hématies étrangères et les digèrent, et, au bout de quelques jours, le sérum de l'animal présente à un haut degré le pouvoir d'agglutiner et de dissoudre *in vitro* les globules du cobaye, pouvoir qu'il ne possède guère à l'état normal ; il agit de même *in vivo* ; aussi est-il devenu fortement toxique pour le cobaye. Le sérum hémolytique perd son action globulicide par un chauffage à 55° et ne conserve que la propriété agglutinante, mais il redevient actif si on l'additionne de sérum pris à un animal neuf (n'ayant subi aucune injection) et inactif par lui-même ; c'est-à-dire que, dans ce cas, deux sérums inactifs isolément acquièrent par leur mélange un pouvoir hémolytique prononcé. En outre, des globules déposés dans un sérum spécifique rendu inactif par un chauffage à 55°, puis enlevés de ce milieu et lavés à l'eau salée, se dissolvent quand on les dépose dans un sérum neuf, non hémolytique.

Voici maintenant la théorie de ces phénomènes. L'hémolyse est le résultat de l'action combinée de deux substances. L'une *thermo-*

labile, destructible à 55°, existe dans tous les sérums normaux ou spécifiques : c'est l'*alexine*, substance qui agit à la manière des ferments et qui dissout non seulement les globules, mais aussi divers microbes. L'autre, *thermostabile*, affaiblie seulement par une température élevée de 60 à 70°, prend naissance dans le corps de l'animal immunisé, c'est-à-dire injecté de globules ; elle est spécifique et sa nature dépend de l'espèce de globules injectée ; à elle seule, elle n'a aucune action destructive, mais elle possède la propriété de se fixer d'une manière élective sur les globules qui y correspondent : ceux-ci deviennent alors attaquables par l'alexine ; en un mot, elle sensibilise les globules vis-à-vis de l'alexine, d'où le nom de *substance sensibilisatrice* que lui a donné BORDET. D'après cet auteur, elle agirait sur les globules à la manière d'un mordant sur une étoffe, rendant les hématies aptes à prendre l'alexine, comme le mordantage rend l'étoffe apte à prendre la teinture. Pour EHRLICH, ce serait une *substance intermédiaire*, ayant d'une part de l'affinité pour les globules et d'autre part pour l'alexine.

Ce qui vient d'être dit pour les hématies, s'observe de même avec certains microbes et d'autres éléments cellulaires amenant une réaction de défense dans l'organisme infecté. Toujours la dissolution de l'élément sensible (*hémolyse, bacteriolyse, cytolyse*) est le résultat de l'action combinée de ces deux substances, l'alexine et la substance sensibilisatrice ; cette dernière seule est spécifique et représente le résultat de l'immunisation de l'animal contre un élément cellulaire déterminé.

Il faut encore ajouter que les réactions de défense de l'organisme ne se montrent pas seulement contre les *éléments figurés*, mais aussi contre certains *poisons solubles* : et le mécanisme en est encore ici dans l'activité leucocytaire, d'après МЕТЧНИКОВ. Ainsi, dans l'empoisonnement par certaines toxines, comme la toxine de la diphtérie, celle du tétanos, le venin des serpents, les toxalbumoses végétales (abrine, ricine), il se forme dans le liquide sanguin un *anticorps spécifique* ou *antitoxine* ; de telle sorte que si l'on accoutume un animal à l'un de ces poisons par l'injection à intervalles espacés de doses progressivement croissantes, son sérum sanguin arrive à posséder à la longue

des qualités antitoxiques telles qu'une faible quantité de ce sérum suffit pour annuler *in vitro* et même *in vivo* des masses considérables de toxine. C'est sur ces faits que repose la sérothérapie de la diphtérie, depuis les belles découvertes de BEHRING et de ROUX.

#### D) FORMATION ET DESTRUCTION DES GLOBULES ROUGES

Pendant la période embryonnaire, les globules rouges se forment aux dépens du feuillet moyen du blastoderme dans des sortes de cordons cellulaires anastomosés ; les cellules centrales forment les globules, les cellules périphériques la paroi du vaisseau. Dans le cours de la vie, les hématies naissent, suivant la plupart des auteurs, de cellules spéciales nucléées, cellules de NEUMANN, qui se chargent peu à peu d'hémoglobine, perdent leur noyau et prennent graduellement la forme et les caractères du globule rouge. C'est dans la rate (voy. *Glandes vasculaires sanguines*) et la moelle osseuse que se fait la genèse des hématies. La moelle rouge des os (qui se trouve dans les os courts et dans les épiphyses des os longs) contient, d'après les recherches de NEUMANN et de BIZZOZERO, des éléments de transition entre la cellule primaire et le globule rouge. On y trouve des cellules pâles, contractiles, analogues à des globules blancs, des cellules rouges nucléées et de vrais globules rouges. Les globules rouges se détruisent après un certain temps : la durée de leur vie peut dépasser, d'après QUINCKE, trois à quatre semaines. Pour être éliminés, ils sont transformés en albuminates de fer et englobés par les leucocytes des capillaires du foie, de la rate et de la moelle osseuse. L'hémoglobine détruite sert à former d'autres pigments. La bilirubine en dérive, et sa formule représente l'hémoglobine moins le fer.

#### E) ALTÉRATIONS PATHOLOGIQUES DU SANG

Elles peuvent porter sur la quantité, soit que la masse du sang et des globules devienne supérieure (pléthore) ou inférieure (anémie) à la normale : Mais les altérations les plus importantes

sont celles qui se rapportent à la qualité du sang. Dans la chlorose, il y a diminution de l'hémoglobine (et par conséquent du fer du sang; l'hémoglobine peut tomber à 6 et à 5 p. 100). Dans la leucémie le nombre des globules blancs augmente au point d'égaliser le nombre des hématies et de donner au sang une couleur laiteuse. La fibrine augmente dans les maladies inflammatoires (rhumatismes, pneumonie, etc.) jusqu'à atteindre 9 à 10 p. 1 000, et, dans la coagulation d'un tel sang, il se forme à la partie supérieure du caillot une couenne épaisse (*couenne inflammatoire*). Dans le *mal de Bright* l'albumine diminue dans le sang par suite de la perte occasionnée par l'albuminurie; l'urée, au contraire augmente (urémie). L'acide urique augmente dans la goutte, le sucre dans le diabète. L'eau et les sels diminuent fortement dans certaines maladies, en particulier dans le choléra.

## § 2. — LYPHNE

La lymphe recueillie par une fistule du canal thoracique chez un animal à jeun, est un liquide transparent ou légèrement opalescent; si l'animal est en digestion, sa couleur est blanc laiteux par suite de son mélange avec le chyle, qui n'est pas autre chose que de la lymphe chargée de gouttelettes graisseuses extrêmement fines. Par cette fistule du canal thoracique, on peut obtenir des quantités considérables de lymphe. COLIN a pu de la sorte, chez une vache, recueillir plus de 95 kilogrammes de lymphe en vingt-quatre heures. Dans un cas de fistule lymphatique chez l'homme, cette quantité était de 6 kilogrammes en vingt-quatre heures. La quantité totale de la lymphe contenue dans le corps est cependant difficile à calculer d'après ces chiffres. LUDWIG l'estime au quart du poids du corps.

La lymphe est alcaline comme le sang; elle a une saveur fade, un peu salée; elle se coagule à la sortie des vaisseaux et donne un caillot blanc, mou, peu rétractile et moins volumineux que celui du sang par rapport au sérum restant. La composition de la lymphe est semblable à celle du sang, moins les hématies. Elle ne contient pas d'oxygène; aussi les leucocytes, qui sont identiques aux mononucléaires du sang, ne présentent-ils point

de mouvements amiboïdes dans l'intérieur des vaisseaux lymphatiques. WÜRZ a trouvé qu'elle est plus riche en urée que le sang.

La lymphe provient de la transsudation du sang et de la diapédèse des leucocytes à travers les parois des capillaires. C'est pourquoi la quantité de lymphe formée augmente dans tous les cas où la filtration du plasma sanguin à travers les parois des capillaires est favorisée (dilatation des petits vaisseaux, stase veineuse). Mais HEIDENHAIN a soutenu qu'elle prend aussi naissance par une sorte de sécrétion dont l'endothélium des vaisseaux lymphatiques est le siège. Cette sécrétion serait augmentée par l'injection intra-veineuse de certaines substances appelées pour ce motif *lymphagogues* (peptones, extraits de sangsues, de muscles d'écrevisses, etc.). Ces substances jouissent en même temps de la propriété de rendre le sang et la lymphe incoagulables (voy. p. 166). L'écoulement de la lymphe est également très renforcé par l'injection dans les vaisseaux de solutions salées ou sucrées hypertoniques.

Les globules blancs se forment dans les ganglions lymphatiques et probablement aussi dans les organes dits lymphoïdes, principalement la rate; la lymphe qui sort des ganglions est plus riche en globules et en fibrine que celle qui y pénètre.

Quant au rôle physiologique de la lymphe, il est double, comme nous l'avons déjà fait remarquer; la lymphe sert d'intermédiaire dans les échanges nutritifs entre le sang et les tissus; de plus, le système lymphatique représente un véritable appareil de drainage.

## ARTICLE II

### MÉCANIQUE DE LA CIRCULATION

Le sang veineux qui arrive dans le cœur droit par les veines caves est lancé dans l'artère pulmonaire, traverse les capillaires du poumon et revient artérialisé au cœur gauche par les veines pulmonaires. Ce premier cycle représente ce qu'on appelle la *petite circulation*; c'est le moine MICHEL SERVET (1553) qui en eut