

moins certain que dans des vaisseaux malades la coagulation s'opère. Si les vaisseaux sont irrités, si leurs parois sont altérées comme dans l'artérite, la phlébite, l'anévrisme, etc., il se produit un thrombus, un coagulum local; il en est de même si le cours du sang est entravé quelque temps dans un vaisseau sain, et on donne le nom d'*embolies* aux caillots, ou fragments de caillots qui, se détachant, suivent le cours du sang et arrivent à déterminer des accidents très graves en oblitérant un vaisseau de calibre inférieur au leur.

Un fait ressort des lignes qui précèdent : c'est que les parois malades des vaisseaux agissent comme les corps étrangers, en déterminant la coagulation du sang. On sait en effet que l'introduction d'une aiguille ou d'un fil dans une artère vivante est rapidement suivie d'un dépôt de fibrine autour de l'objet. Quelques autres faits méritent d'être rappelés.

1° Hewson a montré en 1772 que, si l'on pose deux ligatures sur la jugulaire d'un cheval, et si l'on enlève la partie de vaisseau comprise entre les deux ligatures, le sang y reste longtemps fluide. Sans doute, les globules se déposent, mais le plasma reste liquide; ce plasma se coagule toutefois dès qu'il est retiré de l'anse vasculaire isolée, mais il reste fluide, même si l'on ouvre l'extrémité supérieure, de façon à permettre le contact de l'air, et aussi si l'on verse le sang d'une anse vasculaire dans une autre; au contraire, il se coagule si on le verse dans un verre. Hewson fut le premier à émettre l'hypothèse de l'existence de la fibrine.

2° Buchanan (1843) remarqua que, tandis que le sérum du sang et la sérosité de l'hydrocèle ou de l'épanchement pleurétique ne coagulent pas spontanément, il suffit de les mélanger pour obtenir un coagulum; on peut même se contenter d'ajouter à la sérosité un fragment de muscle.

3° Plusieurs conditions retardent ou favorisent la coagulation : l'addition de petites quantités d'alcalins ou d'ammo-

niaque, d'acide acétique, — jusqu'à acidification, — le contact avec beaucoup d'acide carbonique, l'addition de glycérine, ou de sucre de canne (J. Müller); le froid, le très jeune âge — la coagulation du sang d'embryon de poulet n'est pas possible avant le douzième jour d'incubation, d'après Roll; — l'injection de peptones (0 gr. 3 par kilogramme d'animal) (Albertoni et Schmidt-Mülheim), d'extrait de sangsue (Haycraft), de venin de serpents, empêchent ou retardent la coagulation; par contre, le contact d'un corps étranger, la chaleur, l'agitation, l'injection d'hémoglobine dissoute et de lécithine vivante, l'addition d'un peu d'eau, le contact avec l'oxygène, différents gaz indifférents; etc., accélèrent la coagulation.

4° Lors de la coagulation du sang, il y a dégagement de chaleur appréciable avec les thermomètres délicats (quelques dixièmes de degré); il y a diminution d'alcalinité et diminution de l'oxygène.

Qu'est-ce que tout cela prouve?

En comparant les expériences, on arrive bien à la conclusion qu'il ne faut pas chercher la cause de la coagulation dans le contact avec l'air, avec ses gaz ou ses germes, ou dans l'action de la température; il ressort des expériences de Hewson et Brücke, en effet, que le sang contenu dans un vaisseau non altéré reste liquide même au contact de l'air, et à une température assez élevée, et il suit de là que les agents favorables à la coagulation ne peuvent exercer leur influence tant que le sang reste dans son contenant normal, et n'est pas en contact avec un corps étranger. Il faut pourtant faire une exception, en ce sens que les corps gras — huile, vaseline, graisse — semblent ne pas jouer le rôle de corps étrangers; le sang recueilli dans un vase enduit de ces substances ne se coagule point.

Faut-il donc conclure que le contact avec la paroi des vaisseaux exerce une action anti-coagulante? Non : et une expérience bien simple le montre : injectez dans le sang resté

fluide d'une anse vasculaire prise à un cheval ou à quelque autre animal, injectez un peu de ferment de la fibrine, et le sang se coagule aussitôt malgré son contact avec les parois normales ou saines. Ou bien encore videz de son sang une anse qui vient d'être isolée, et mettez-y de la plasmine (mélange de ferment, de fibrinogène et de fibrine plastique) la coagulation se fait aussi vite que dans un tube de verre témoin rempli de la même plasmine. Il résulte de ces expériences et de beaucoup d'autres encore que la fluidité du sang dans les vaisseaux est due non à son contact avec les parois de ceux-ci, mais à l'absence du ferment de la fibrine dans le sang normal et sain : dès que le sang sort des vaisseaux, ce ferment se forme et le sang se coagule ; il se coagule même dans les vaisseaux si on y injecte ce ferment (Schmidt) ou si certaines causes en permettent le développement. Aussi adopterons-nous, de préférence aux autres, la théorie de Schmidt sur la coagulation du sang. D'après cette théorie, il se forme un peu avant la coagulation un ferment spécial, aux dépens des leucocytes ou des hémato blastses ou même du protoplasma en général, et en présence de ce ferment qu'on peut isoler, le fibrinoplastique, qui se forme lui aussi aux dépens des leucocytes et au moment de leur sortie des vaisseaux, formerait avec le fibrinogène préexistant, et aux dépens de celui-ci pour la plus grande part, le coagulum : sans ferment pas de coagulum. Et ce qui le prouverait, c'est qu'en mélangeant une solution de fibrinogène avec une solution de fibrinoplastique, on obtiendrait la coagulation dès l'addition du ferment. L'argument serait excellent s'il n'était passible de l'objection faite par A. Gautier que cette coagulation ne se produit pas toujours. Toutefois A. Gautier ne peut refuser son adhésion au principe général de la théorie, et pour lui « la coagulation résulte de la transformation du fibrinogène sorti des globules ou préexistant dans le plasma à l'état soluble et durant la vie, substance qui devient insoluble et se change en fibrine en s'unissant aux sels de chaux du plasma

sous l'influence du ferment-fibrine extravasé des globules blancs »¹.

Il est curieux que certains physiologistes dans les expériences sur la digestion fassent toujours usage de fibrine. Cette matière, en effet, semble être un produit de désassimilation et non un aliment, comme on l'a souvent dit. Elle est d'autant plus abondante dans le sang que l'organisme se consume plus (fièvre, marche fatigante, etc.) et elle a tout l'air d'un déchet, d'un produit excrémentiel. Le muscle qui a beaucoup travaillé en renferme plus que le muscle au repos. Il est donc peu logique de la regarder comme une substance réparatrice et alimentaire.

La théorie de Schmidt a été précédée et suivie de plusieurs autres, que nous résumerons brièvement.

Hammarsten et *Howell* admettent la théorie du ferment, mais pour eux le ferment agit sur le fibrinogène seul, le fibrinoplastique ne jouant, selon eux, aucun rôle dans le processus. Le ferment pur suffirait à déterminer la coagulation du fibrinogène pur.

Eichwald ne croit point au ferment : pour lui, la fibrine préexiste dans le sang, et quand le sang sort des vaisseaux, l'acide carbonique de l'air et même celui qui se forme dans le sang se combine avec les bases de ce dernier, qui maintiennent la fibrine en dissolution : celle-ci se précipite.

Heynsius, sans s'expliquer bien clairement sur certains détails du processus, considère la fibrine comme résultant de quelque altération des globules.

Matthieu et *Urbain* considèrent la fibrine comme existant en dissolution dans le sang : et quand le sang sort des vaisseaux, l'acide carbonique qui existe bien en petite quantité dans les globules rouges serait chassé par l'oxygène de l'air et irait se dissoudre dans le plasma, et en s'unissant à la fibrine, la rendrait insoluble. A ceci, on peut objecter, avec F. Glénard, que le plasma mis en présence d'une atmosphère d'acide carbonique — dans une anse vasculaire isolée — ne se coagule point comme il le devrait.

¹ MM. Arthus et Pagès font jouer un grand rôle à la chaux dans la coagulation. Tout récemment M. Pekelharing, d'Utrecht, est arrivé à conclure que dans la coagulation le ferment de la fibrine, riche en CaO, abandonne celle-ci qui se combine avec le fibrinogène.

Wooldridge croit que la coagulation est due à une diffusion de lécithine hors des leucocytes dans le sang. *Halliburton* a fortement combattu cette manière de voir.

Lussana croit la coagulation due à une action d'une *globuline* provenant de la destruction des leucocytes et hématies, sur la fibrine provenant de la désassimilation. Il est certain que l'augmentation des processus vitaux détermine une augmentation de la quantité de fibrine.

Pawlow pense que la coagulabilité du sang est variable : elle décroît dans le poumon et augmente dans la grande circulation.

Laissant de côté les théories, pour n'envisager que le fait de la coagulation, nous ajouterons que celle-ci joue un rôle considérable dans la physiologie. C'est grâce à la coagulation que s'arrêtent les hémorragies, et on peut mesurer l'utilité de la coagulabilité aux dangers que fait courir l'incoagulabilité telle qu'elle se présente à nous chez les hémophiliques ; la moindre lésion vasculaire devient chez eux chose très grave. Peut-être conviendrait-il de la traiter comme l'a fait *Hayem* en leur injectant du sang normal coagulable ; mais il est curieux de noter que le sang défibriné est non moins curatif que le sang non défibriné ; peut-être n'agit-il que par le ferment qu'il renferme, et ceci viendrait à l'appui de l'hypothèse de *Schmidt*.

Remarquons d'ailleurs que la coagulabilité est utile non seulement pour arrêter les hémorragies dues aux plaies des muqueuses et de la peau ; elle joue encore un rôle considérable dans les hémorragies chirurgicales, et c'est sur le fait que le sang se coagule en un bouchon fibrineux résistant qu'est basée la pratique de la torsion des vaisseaux qui remplace si souvent la ligature ; les tuniques écrasées et brisées jouent le rôle de corps étranger et déterminent, par un processus encore inconnu, la coagulation du sang.

Gaz du sang. — Nous avons dit plus haut, à propos des hématies, qu'elles jouissent de la propriété de fixer ou d'absorber une quantité notable d'oxygène, grâce à l'hémo-

globine qui forme avec ce gaz un composé appelé oxyhémoglobine, et nous avons dit aussi que le plasma tient en solution une quantité notable d'acide carbonique. Le sang, de la sorte, renferme ou dissout une beaucoup plus grande quantité d'oxygène que ne le ferait un égal volume d'eau pure. Il convient de revenir quelque peu sur cette question des *gaz du sang*. On sait de quelle façon s'extrait et s'analysent ces gaz. Le sang est introduit dans une pompe à mercure (pompe de *Pflüger*, de *Gréhant*, de *P. Bert*, de *Chauveau*) et dans le vide ses gaz se dégagent. En soumettant le sang plusieurs fois de suite à l'action de ce vide, surtout si on a la précaution de le soumettre en même temps à l'action de la chaleur (bien qu'il y ait des inconvénients à agir ainsi, car il y a une perte d'oxygène qui va oxyder différentes matières, d'après *Lambling*, *Soc. Biol.*, 1889), on en chasse tous les gaz qu'on peut ensuite analyser à l'eudiomètre. L'oxyhémoglobine perd son oxygène et redevient hémoglobine ; le plasma laisse échapper son acide carbonique ; il y a dissociation, car l'hémoglobine et l'oxygène sont à l'état de *combinaison* instable il est vrai, et pareillement l'anhydride carbonique est en grande partie combiné avec les alcalins du plasma sous forme de carbonate et bicarbonate et phospho-carbonate de soude, et un peu avec les hématies (un dixième, peut-être même plus). Grâce à des expériences multipliées, on connaît bien la proportion de ces gaz dans le sang, et pour le chien par exemple, on sait que 100 centimètres cubes de sang contiennent 60 centimètres cubes de gaz environ (à 0° et 760 mm.). On sait encore que la nature de ces gaz varie selon que l'on considère du sang artériel ou du sang veineux, et par exemple :

	O	CO ₂	Az
100 volumes de sang artériel renferment	20-24 vol.	39 vol.	1.5
— veineux	8-12	46	1.5

et l'oxygène est toujours plus abondant dans le sang artériel.

et l'acide carbonique plus abondant dans le sang veineux, d'où la couleur plus claire du premier et plus foncée du second, si bien que la couleur du sang mesure en quelque sorte la quantité d'oxygène qui s'y trouve. L'oxygène est principalement combiné avec l'hémoglobine : une petite proportion est dissoute dans le plasma. L'acide carbonique, lui, est surtout dissous et combiné dans le plasma ; les hématies pourtant en renferment un peu.

On remarquera toutefois que le sang veineux n'est point entièrement désoxygéné, pas plus que le sang artériel n'est saturé d'oxygène ; en un mot, l'hémoglobine n'est pas toute réduite dans les veines, ni toute à l'état d'oxyhémoglobine dans les artères. On comprend bien que dans le poumon le sang relativement désoxygéné reprenne de l'oxygène ; l'hémoglobine réduite est très avide de ce gaz, on comprend aussi que le plasma dissolvait l'acide carbonique à la faveur des alcalins, mais comment abandonne-t-il ce gaz lors de son passage dans les poumons ? Nous verrons que l'hémoglobine joue là un rôle important. Remarquons en passant que l'analyse des gaz du sang ne fournit jamais de chiffres absolument exacts ; en dehors même des causes d'erreur dues aux méthodes employées, il y a ce fait que le sang, *tissu vivant*, ne perd point sa vie propre aussitôt qu'il est sorti des vaisseaux ; il consomme un peu de l'oxygène qu'il a mission de véhiculer (3 ou 4 centimètres cubes par heure et par 100 grammes, d'après Schutzenberger) et produit de l'acide carbonique.

Sang veineux et sang artériel. — Du moment où le sang circule sans relâche dans toutes les parties de l'organisme, apportant aux tissus l'oxygène nécessaire à leur respiration, et les aliments dont ils ont besoin, et remportant les produits de désassimilation, on devine que la composition de ce liquide varie selon les points de l'organisme considérés.

Entre le sang veineux et le sang artériel il y a des diffé-

rences considérables, et entre le sang veineux revenant de telle partie, et celui qui revient de telle autre, il y a aussi des différences. Le sang artériel est beaucoup plus constant dans sa composition ; il est, dans les artères du pied ou de la main, identique à ce qu'il est dans le cœur ou l'aorte ; il ne perd ni n'acquiert dans le trajet, et ce n'est que dans les capillaires qu'il se modifie. Mais là les modifications sont nombreuses, et le sang en sort plus foncé, en raison de la réduction de l'oxyhémoglobine, plus riche en acide carbonique et plus pauvre en oxygène, plus dense parce qu'il a abandonné de l'eau aux tissus et parce qu'il s'est chargé d'urée et d'autres substances (tout en ayant perdu de la fibrine, ce qui le rend moins coagulable) ; il est plus riche en globules rouges, plus pauvre en fibrine, sels, matières extractives, sucre.

Je résumerai brièvement ici les principales variations du sang normal (sans toutefois revenir sur ce qui a été déjà dit au point de vue de la composition, des différences de nombre et de structure des éléments chez les différentes espèces, etc.).

Le sang mâle est plus dense que le sang femelle ; le sang du nouveau-né est pauvre en fibrine (1,9 au lieu de 2,2 pour 1000) ; le sang des animaux bien nourris est plus riche en hémoglobine (Regnard) ; le sang est proportionnellement plus abondant chez les individus de taille moyenne, maigres, que chez les gros et grands ; il est plus riche en hémoglobine et fer dans les habitats élevés (Müntz) ; le sang de la veine porte varie sensiblement de composition pendant et entre les digestions en raison de l'absorption intestinale ; le sang des veines sus-hépatiques est particulièrement riche en leucocytes, et en glycose ; le sang des veines spléniques est aussi très riche en leucocytes, et coagule lentement ; le sang des veines rénales est très riche encore en oxygène, plus pauvre en eau, urée et matières minérales ; le sang des veines jugulaires est particulièrement riche en cholestérine ; le sang qui sort des glandes actives est presque artériel, du moins en ce qui concerne la teneur en gaz : il y circule trop vite pour se modifier beaucoup ; le sang venant des muscles actifs est particulièrement pauvre en oxygène et en glycose (Chauveau, V. *Muscles*) ; le sang varie encore selon l'alimentation, étant riche en hématies, fibrine, acide urique, sels de potasse, avec l'alimentation animale ; peu fibri-

neux, riche en sucre et graisses avec l'alimentation végétale ; le sang menstruel coagule lentement.

Saignée et hémorragie. — Rien ne montre mieux l'importance du rôle d'intermédiaire que nous avons signalé au début de ce chapitre comme la fonction essentielle du sang, que les effets de l'hémorragie, ou perte de sang, quelle qu'en soit la cause. Si l'hémorragie est abondante, la mort survient rapidement en quelques minutes, en quelques secondes même ; si elle est lente ou intermittente, il y a faiblesse pouvant aller jusqu'à l'épuisement, le moindre mouvement devient un effort presque surhumain, la syncope est sans cesse imminente, la respiration est accélérée comme pour compenser l'état débutant d'asphyxie intérieure dû à la pauvreté en globules rouges ; chez l'animal en expérience, ou chez le blessé, il s'y joint une soif due à la perte d'eau, et la mort survient au milieu de convulsions asphyxiques. Les animaux inférieurs pourtant peuvent subir impunément des pertes de sang considérables auxquelles les mammifères ou oiseaux ne résisteraient pas. C'est ainsi que Cohnheim a remplacé tout le sang de la grenouille par de l'eau salée (à 0,75 p. 100) en injectant cette eau jusqu'à ce qu'elle sorte incolore ; la grenouille ainsi *salée* vit plusieurs jours, comme l'ont constaté les nombreux imitateurs de Cohnheim¹. Chez les animaux supérieurs ceci ne pourrait s'observer, et l'hémorragie devient mortelle avant même que la proportion de sang perdue ait atteint un chiffre tant soit peu élevé. Un chien résistera à la perte d'une quantité de sang représentant un trentième ou un quarantième du poids de son corps. (Encore faut-il remarquer qu'une même saignée exercera des effets différents selon l'état de l'animal.

¹ Dastre et Loye ont constaté qu'on peut pareillement saler le chien par exemple, on lui lave le sang, en lui injectant dans les vaisseaux jusqu'aux deux tiers de son poids d'eau salée. Mais il faut opérer avec lenteur, sans quoi on tue l'animal.

Il faudra une saignée de 30 grammes pour tuer un lapin bien portant ; il suffira d'une saignée de 7 grammes pour tuer un lapin inanité. Mais s'il en perd un vingtième, il est presque certainement perdu. Les hémorragies non mortelles sont suivies d'un processus de réparation intéressant. Cette régénération ne s'opère toutefois pas avec une égale rapidité pour les différentes parties ; le plasma se reconstitue très vite, et le volume du sang reprend sa valeur primitive grâce à une résorption de la lymphe des tissus ; le plasma que le sang avait chassé à travers les parois des capillaires dans les tissus revient au sang qui se trouve nécessairement plus dilué, plus riche en plasma qu'en globules, et grâce aux aliments et boissons, le plasma se trouve assez vite reconstitué pour que les tissus n'aient pas à souffrir beaucoup de cette interruption dans l'ordre normal des choses. Pourtant le sujet, ou l'animal, n'est point rétabli des effets de son hémorragie ; il n'a pu encore reconstituer ses globules perdus, ses globules si importants pour la respiration des tissus. Il est en état d'*hydrémie* (sang aqueux) ou d'*hypoglobulie* (sang pauvre en globules), et si le sang reprend son volume en quelques heures il ne se retrouve en possession de son chiffre de globules qu'au bout de plusieurs jours ; un chien qui a perdu le trentième ou le quarantième de son poids, en sang, a besoin de plusieurs semaines pour récupérer ses globules, même avec la meilleure alimentation. Inutile d'ajouter que l'hypoglobulie s'accompagne d'une diminution proportionnelle dans la teneur du sang en hémoglobine, et cette diminution contribue à déterminer l'état d'affaiblissement du patient, avec l'appauvrissement du plasma. On conçoit dès lors que la pratique de la saignée ne soit point exempte d'inconvénients, surtout si elle est fréquente et répétée ; chacun sait combien, il y a cent et deux cents ans, la saignée passait pour la panacée universelle, et il n'y a pas cinquante ans, encore, beaucoup de médecins y avaient sans cesse recours pour calmer certains

symptômes de la grossesse. On connaît aussi l'observation d'une femme qui mourut en 1798 à l'Hôtel-Dieu de Nantes, à l'âge de trente et un ans, et qui, de l'âge de quatorze ans à sa mort, avait été saignée 1309 fois!

Toute saignée ou hémorragie est naturellement suivie d'une chute de la pression sanguine qui diminue du quart, et de plus encore, selon l'abondance de l'hémorragie, mais grâce aux boissons (les hémorragies donnent toujours une soif marquée, et qui s'explique aisément) et à la résorption de la lymphe interstitielle, le sang, en reprenant son volume, reprend sa tension. Du reste, un autre facteur concourt à produire ce résultat : il s'agit de la contraction qui s'opère dans les vaisseaux. Quand la masse du sang diminue, en effet, les vaisseaux se rétrécissent, par voie réflexe, et le cœur s'accélère ; dans le cas inverse, les effets inverses se produisent. Enfin, la saignée est suivie d'une légère diminution de la chaleur du corps, et d'une augmentation d'excrétion de l'azote.

Transfusion du sang. — Quand l'hémorragie n'est pas trop considérable, l'équilibre se rétablit, comme nous venons de l'indiquer. Mais quand l'organisme a perdu, en une ou plusieurs fois, une quantité considérable de sang, la vie est en danger, la mort est imminente, la perte étant trop grande pour que l'organisme puisse à la fois la réparer et continuer de subsister. Dans ces cas, la transfusion peut rendre des services considérables. La transfusion consiste, comme chacun le sait, en l'introduction dans le système circulatoire d'une quantité quelconque de sang empruntée à un autre individu. Préconisée en Europe dès le *xvii*^e siècle, à la suite des tentatives de Cardan en 1556 et de J. Potter en 1638, pratiquée par de nombreux expérimentateurs sur l'animal, elle fut pratiquée pour la première fois sur l'homme en France par Jean Denis, en 1667, et souleva des discussions féroces, et dès le 17 avril 1668, le Châtelet interdisait de la pratiquer sur

l'homme, à la suite d'un essai (avec du sang d'agneau), qui n'était pourtant pas décourageant, du moins en ce qui concerne l'opération elle-même, car on ne pouvait juger de ses effets d'après le cas particulier dont il s'agit. Depuis Denis, toutefois, on en est revenu des appréhensions du Châtelet, et la transfusion est parfois pratiquée sur l'homme, dans certains cas urgents où elle rend des services réels.

Voici un chien qui vient de subir une hémorragie considérable, il ne peut bouger, il est anhéant ; il n'y a point encore de convulsions, mais la mort est proche. Il n'est que temps d'agir. Mettons à nu une veine, adaptons-y une canule, et, avec une seringue, poussons 300 ou 500 centimètres cubes de sang dans le système circulatoire ; la vie qui s'en allait revient, et l'animal ne meurt point ; il suffit même, pour obtenir ce résultat d'injecter de l'eau salée légèrement alcalinisée, comme l'a fait Kronecker ; la tension du sang, — de ce qu'il en reste, — est rétablie, et si le liquide qui court dans les veines de l'animal est en réalité un sang très dilué, il permet du moins à l'organisme de subsister et de travailler à réparer la perte subie, pour peu qu'il reste assez d'hématies pour subvenir aux besoins respiratoires. Aussi l'injection d'une solution salée alcaline pourrait-elle rendre de grands services dans les cas d'hémorragie se produisant chez l'homme et où la transfusion du sang serait impossible pour une raison ou une autre : peut-être même ferait-on déjà beaucoup en pratiquant cette injection dans la cavité péritonéale, opération beaucoup plus facile et moins dangereuse que la transfusion de veine à veine, comme l'a proposé Ponfick pour le sang même (transfusion indirecte ou péritonéale).

Quand on pratique la transfusion de veine à veine, de vivant à vivant, chez l'homme par exemple, il faut des précautions attentives pour ne point introduire dans la circulation d'air ou de gaz qui pourrait déterminer des accidents mortels ; il faut encore opérer sur des vaisseaux suffisamment éloignés du thorax pour éviter l'aspiration d'air.

Quant au sang même (artériel de préférence, à moins que la respiration ne soit satisfaisante, auquel cas le sang veineux peut être employé, puisqu'il sera bientôt artérialisé), on peut l'injecter (dans les veines ou dans les artères), ou le transfuser, complet, ou défibriné par battage; la défibrination ne lui enlève aucune de ses propriétés essentielles, et au point de vue spécial qui nous occupe en ce moment, l'essentiel, dans le sang, c'est le plasma et les globules, bien que le besoin d'un de ces éléments puisse l'emporter sur celui de l'autre, selon les circonstances. Toutefois, il est un point sur lequel on ne saurait trop insister : c'est la nécessité dans la transfusion, de n'injecter que du sang d'un individu de même espèce que celui qui le reçoit. Inutile de transfuser à l'homme du sang de bœuf ou de chien ; nous savons que le sérum détruit les globules des autres espèces, il les dissout, les désagrège, s'empare de leur hémoglobine et subit parfois des coagulations partielles. Transfusez du sang de mouton à l'homme, ou du sang de lapin ou de mouton au chien : au bout de quelques minutes, le travail de dissolution est en cours, et les globules du lapin en particulier disparaissent avec une rapidité surprenante. A quoi bon la transfusion dans ces cas ? à quoi sert-elle ? A rien. On n'injectera donc jamais à un individu que du sang d'un autre représentant de la même espèce : à l'homme, on n'injectera que du sang d'homme, et il n'est plus permis de croire, comme Magendie, qu'en transfusant à un loup du sang de mouton, on changera le caractère du premier. On ne change même pas son sang pour une période quelque peu durable. Du reste, l'opération n'est pas seulement inutile, dans la transfusion du sang d'espèce différente ; elle peut être mortelle. La transfusion a déjà ses dangers et ses accidents, et même dans les meilleures conditions, elle ne va pas sans de la fièvre, parfois de l'hémoglobinurie ou de l'urémie, accidents qui ne sont d'ailleurs généralement pas graves et ne doivent pas empêcher d'utiliser la transfusion dans les cas d'hémorragie rapide et abondante

(accouchement, plaies par armes à feu et autres traumatismes) ; mais pratiquée entre espèces différentes, elle équivaut le plus souvent à un véritable empoisonnement en raison de l'action globulicide et de la toxicité du sérum. Il est vrai que tous les sangs ne sont pas également toxiques, celui des murénides (anguilles, congres, etc.) est particulièrement venimeux, d'après Mosso, celui des oiseaux l'est un peu moins ; celui du chien est particulièrement globulicide ; alors que ses globules sont par contre très résistants et se laissent plus difficilement que d'autres entamer par le sérum des autres espèces, mais il est beaucoup moins toxique. La toxicité du sang des murénides est considérable, et amène la mort à des doses très faibles. Le sang des crustacés est peu toxique pour les mammifères ; il l'est fortement pour d'autres crustacés. Sa toxicité augmente aux époques de la mue et de la ponte (Heim).



LYMPHE

La lymphe est en somme du sang moins les hématies, et c'est ce qui ressort de l'étude de ce liquide retiré ou bien des sacs lymphatiques de la grenouille (sacs latéraux, dorsal et ventral, et surtout sac sublingual), ou bien du canal thoracique ou de tel tronc lymphatique important d'un mammifère. Si l'on opère sur le canal thoracique, on veillera toutefois à ce que l'animal soit à jeun depuis vingt-quatre heures pour ne point recueillir le chyle mélangé à la lymphe durant la digestion ; chez l'homme, on peut parfois étudier la lymphe grâce à des fistules lymphatiques. Elle se présente sous forme d'un liquide incolore, ou opalescent, si elle renferme beaucoup de leucocytes, alcalin (mais moins que le sang) de densité égale à 1,045 environ, coagulable comme le sang, ce qui la différencie du sérum. En fait de globules, elle ren-

ferme des leucocytes (8000 par millimètre cube), et des hémotoblastes avec de petits corps de rôle indéterminé, et parfois aussi des globules rouges; dans ce dernier cas, elle offre une coloration rose. Saveur salée, odeur propre à l'animal qui l'a fournie, coagulation lente, à caillot mou et peu rétractile, mais ne survenant pas dans la lymphe gardée *in situ* dans une anse de lymphatique isolée du corps. Au point de vue chimique, même composition que le sang (le plasma, cela va de soi); mêmes sels, mêmes matières extractives. Mais Würtz a fait remarquer que la lymphe est plus riche en urée que ne l'est le sang; de même le glycose est plus abondant dans la première que dans la dernière. Elle tient quelques gaz en dissolution, des traces d'oxygène seulement, un peu d'azote et surtout de l'acide carbonique (0, 1 centimètre cube d'oxygène; 1,5 centimètre cube d'azote et 40 centimètres cubes CO² pour 100 centimètres cubes de lymphe, d'après Hammarsten), moins que le sang veineux, mais plus que le sang artériel.

Elle présente des variations de composition intéressantes: c'est ainsi qu'en passant par les ganglions lymphatiques elle se charge de globules et de fibrine; la lymphe qui en sort est plus riche en ces deux éléments que celle qui y entre, elle contient aussi plus d'albumine et de matières grasses. Il est bien difficile d'évaluer la quantité totale de la lymphe des lymphatiques et des interstices des tissus. On sait seulement qu'une fistule lymphatique chez la femme a fourni 6 kilogrammes de lymphe en vingt-quatre heures (Gubler et Quévenne). Cohn sur le cheval et Lesser sur le chien ont obtenu 2 kilogrammes et 300 centimètres cubes par heure, respectivement. On ne peut guère déduire de ces données des chiffres précis. Il semble que la lymphe soit plus abondante dans les tissus en activité et lors de l'accroissement de la pression sanguine. Mais l'augmentation d'excrétion correspond-elle à une augmentation de production? Cela n'est pas certain, et pourtant on comprend qu'avec une pression sanguine élevée,

il soit chassé dans les tissus lymphatiques une plus grande quantité de plasma du sang, la lymphe n'étant en définitive que du plasma. La lymphe a évidemment son origine dans le sang: c'est du plasma que la pression a fait filtrer à travers les vaisseaux dans les interstices des tissus, qui se charge de leucocytes dans les glandes et ganglions, et qui se meut dans les vaisseaux lymphatiques, selon les différences de pression. La pression sanguine chasse le plasma hors des vaisseaux capillaires, et cette même pression, directe ou indirecte, le pousse dans les lacunes lymphatiques et le fait progresser dans les vaisseaux de même ordre jusqu'à ce qu'il entre dans le torrent circulatoire. En définitive c'est le cœur, ou le système circulatoire sanguin, qui met la lymphe en mouvement; il y est aidé par la contraction des muscles des villosités intestinales où s'absorbe le chyle, et des vaisseaux lymphatiques eux-mêmes pourvus de valvules qui empêchent le reflux vers les tissus. Chez les batraciens, il s'y joint des organes moteurs spéciaux, les cœurs lymphatiques¹ qui sont près de l'épaule et du coccyx, et qui battent soixante fois par minute environ (fibres musculaires striées avec ganglions nerveux spéciaux).

La lymphe est chez les animaux supérieurs un complément du sang; c'est un intermédiaire entre lui et les tissus qui leur porte peut-être les matières nutritives. Elle semble plus réellement *alimentaire* que le sang, lequel serait plus spécialement chargé de subvenir aux besoins respiratoires. Comme le sang elle se charge des déchets, des matériaux de désassimilation (urée et CO² par exemple) et, pour bien remplir son rôle, elle est en communication constante avec les tissus aussi bien qu'avec le sang. Il nous paraît qu'on n'a pas suffisamment mis en lumière la spécialisation différente qui semble exister dans ces deux liquides qui se complètent

¹ Voir E. Oehl: *Sur les cœurs lymphatiques postérieurs de la grenouille.* Arch. Ital. Biol., XVII, p. 373.

mutuellement au point de vue physiologique. Chez les organismes inférieurs, le sang se rapproche beaucoup plus de la lymphe des animaux supérieurs que de leur sang ; il est pauvre en globules, surtout en hématies.

Pour le chyle, voir ce qui a été dit au chapitre *Digestion*.

CIRCULATION

Le sang, intermédiaire physiologique entre les tissus et le monde extérieur, ne peut jouer bien son rôle chez les organismes supérieurs à vitalité considérable, et chez qui la consommation d'aliments et d'air est active, qu'à la condition de se renouveler fréquemment. Il est si vite dépouillé de ses matières utiles, et celles-ci sont si vite remplacées par des substances de désassimilation inutiles ou nuisibles qu'il est de toute nécessité que le sang se meuve rapidement et se renouvelle de même, de façon à apporter constamment de l'oxygène et des aliments, et à emporter constamment aussi l'acide carbonique et les déchets de la nutrition. Le sang ne peut rendre de services qu'à la condition de circuler, et ceci est d'autant plus vrai qu'il s'agit d'un animal plus élevé : le crabe vivra plusieurs jours sans cœur ; la grenouille, plusieurs heures ; le chien ou l'homme à qui l'on aura excisé, ou encore comprimé le cœur de façon à en empêcher les battements, mourra en quelques secondes. La circulation existe chez tous les organismes. Chez les animaux et plantes unicellulaires, elle est sans doute réduite au minimum, mais, dès que l'on considère des organismes animaux plus élevés, il en va autrement ; on voit certaines de leurs cellules se différencier en tubes contractiles qui promènent par le corps un fluide respiratoire et nourricier à la fois. Chez les plantes, il n'y a point de contractilité des vais-