

composé d'un liquide séreux, tenant en suspension des gouttelettes graisseuses et des globules circulaires. Le chyle provenant d'aliments qui ne renferment pas de matières grasses n'est pas opaque comme celui fourni par des substances contenant de la graisse ou de l'huile ; et chez les oiseaux il est presque toujours transparent.

Lorsqu'on examine le chyle dans les vaisseaux lactés près de leur origine, on trouve que les matières organiques qu'il contient consistent principalement en albumine ; mais, quand on l'observe plus loin dans son trajet vers la veine sous-clavière, on voit que ses qualités ne restent plus les mêmes : à mesure qu'il avance dans l'intérieur des vaisseaux lymphatiques, il se charge d'une quantité de plus en plus considérable de fibrine ; principe qui lui donne la propriété de se coaguler spontanément à la manière du sang. En général, ce liquide prend en même temps une teinte rosée, et devient susceptible de rougir légèrement au contact de l'air. Sa nature, par conséquent, se rapproche de plus en plus de celle du sang, avec lequel il va s'unir dans la veine sous-clavière où débouche le canal thoracique.

C'est de la sorte que les matières nutritives élaborées par la digestion sont absorbées et mêlées au fluide nourricier. Pour continuer l'étude des phénomènes de la nutrition, nous devons, par conséquent, nous occuper maintenant de ce fluide et de la manière dont se fait la distribution des matières organiques qu'il charrie.

DU SANG.

§ 78. Dans les animaux dont la structure est la plus simple, tous les liquides de l'économie sont semblables entre eux : ils ne paraissent être que de l'eau plus ou moins chargée de particules de matières organisées, mais, dans les êtres qui occupent un rang plus élevé dans le Règne animal, les humeurs cessent d'être toutes de même nature, et il en est une qui est destinée d'une manière spéciale à subvenir aux besoins de la nutrition : ce *liquide nourricier* est le sang.

C'est ce liquide qui entretient la vie dans leurs organes et leur fournit les matériaux dont ils se composent.

C'est aussi le sang qui est la source de toutes les humeurs formées dans le corps : la salive, l'urine, la bile, les larmes, par exemple.

§ 79. Chez tous les animaux qui par leur structure se rapprochent le plus de l'homme, tels que les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les poissons, et même chez la plupart des vers de

la classe des annélides, le sang est d'une couleur rouge intense. Mais chez presque tous les animaux inférieurs, au lieu d'être rouge et épais, il ne consiste qu'en un liquide aqueux, tantôt complètement incolore, tantôt légèrement teinté en jaune, en vert, en rose ou en lilas : aussi est-il assez difficile à voir, et pendant longtemps a-t-on pensé que ces êtres en étaient complètement dépourvus, et les appelait-on des *animaux exsangues*.

LES ANIMAUX A SANG BLANC, ou ayant le sang à peine teinté, sont très-nombreux : tous les *insectes* rentrent dans cette catégorie, et c'est à tort que l'on regarde vulgairement les mouches comme ayant du sang rouge dans la tête : lorsqu'on écrase un de ces animaux, on voit s'épancher, il est vrai, un liquide rougeâtre, mais cette matière n'est pas du sang, et provient uniquement des yeux de ces petits êtres. Les araignées, les crabes, les écrevisses et tous les animaux qui se rapprochent de ces derniers, et qui sont désignés par les zoologistes sous le nom de *crustacés*, n'ont aussi que du sang presque incolore ; enfin les limaçons, les moules, les huîtres et les autres animaux de l'embranchement des *mollusques* et de celui des *zoophytes*, ainsi que les vers intestinaux, sont dans le même cas.

§ 80. En examinant au microscope le sang d'un animal A SANG ROUGE, tel qu'un mammifère, un oiseau, un poisson, on voit qu'il est constamment formé de deux parties distinctes : d'un liquide jaunâtre et transparent, auquel on a donné le nom de *sérum*, et d'une foule de petits corpuscules, solides, réguliers et de couleur rouge, qui nagent dans le fluide dont nous venons de parler, et que l'on appelle les *globules du sang*.

§ 81. **Globules du sang.** — Chez les animaux de la même espèce, tous les globules du sang ont la même forme et à peu près la même grosseur (1) ; mais lorsqu'on les compare chez des animaux d'espèces différentes, on y remarque des différences importantes à signaler. En général, ces corpuscules se ressemblent beaucoup plus chez les divers animaux d'une même classe que chez des animaux appartenant à des classes différentes : chez les premiers leurs dimensions peuvent varier, mais ils affectent presque toujours la même forme ; tandis que d'une classe à une autre les différences de volume deviennent souvent beau-

(1) Avant la naissance, les globules ont quelquefois des dimensions ou même une forme différentes de celles qu'ils offrent pendant tout le reste de la vie. Ainsi le poulet dans l'œuf a d'abord des globules circulaires, et ce n'est qu'à une période plus avancée de l'incubation que les globules offrent tous une forme elliptique. Mais après la naissance les globules ne varient plus.

coup plus considérables, et la forme elle-même peut changer.

Ainsi, chez l'homme (fig. 40) et chez presque tous les autres animaux de la classe des mammifères (le chien, le cheval, le bœuf, par exemple), les globules du sang sont circulaires (1); tandis que, chez les oiseaux, les reptiles, les batraciens et les poissons, ils ont une forme elliptique (fig. 39).



Fig. 40 (2).

Ces corpuscules sont toujours microscopiques; mais c'est surtout chez les mammifères qu'ils sont d'une petitesse extrême. Dans l'homme, le chien, le lapin et quelques autres mammifères, leur diamètre est égal à environ $\frac{1}{125}$ de millimètre, et chez la chèvre ils n'ont que $\frac{1}{200}$ de millimètre; enfin, chez les chevrotains ils n'ont qu'environ $\frac{1}{300}$ de millimètre.

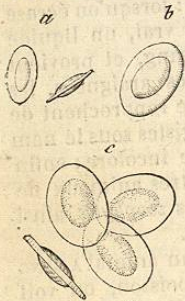


Fig. 41 (3).

Dans les oiseaux, les globules du sang sont plus grands que chez les mammifères. Mais c'est dans la classe des reptiles et chez les batraciens qu'ils atteignent les dimensions les plus considérables: ainsi, dans le sang de la grenouille, ils ont environ $\frac{1}{4}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{8}$ en largeur; et, dans le protée qui est de tous les animaux connus celui chez lequel ils sont les plus

grands, leur longueur est d'environ un $\frac{1}{3}$ de millimètre. Enfin chez les poissons, ces corpuscules sont intermédiaires pour la grosseur entre les globules des oiseaux et ceux des batraciens.

Du reste, les globules du sang sont toujours aplatis, et présentent une tache centrale entourée d'une espèce de bordure de couleur plus foncée. Leur structure intérieure est quelquefois très-difficile à connaître; mais lorsqu'on a soin de les prendre chez un animal où leur volume est le plus considérable, et que l'on examine à l'aide d'un microscope puissant, on voit qu'ils sont composés de deux parties distinctes, d'un noyau central et d'une enveloppe ayant l'apparence d'une petite vessie. En

(1) Les chameaux et les lamas font exception à cette règle, car chez ces mammifères les globules du sang sont elliptiques.

(2) Fig. 40. Globules du sang de l'homme grossis à peu près quatre cents fois (en diamètre).

(3) Fig. 41. Globules elliptiques du sang des oiseaux, des batraciens et des poissons. — a, globules du sang de la poule, vus de face et de profil; — b, globules du sang de la grenouille; — c, globules d'un poisson du genre squalé (même grossissement).

général, cette enveloppe est déprimée, et forme autour du noyau un rebord plus ou moins mince, de façon que le tout offre l'aspect d'un petit disque renflé au milieu; elle est de couleur rouge, et semble être formée d'une espèce de gelée facile à diviser, mais très-élastique. Le noyau central a la forme d'un sphéroïde et n'est pas coloré. Chez l'homme et les autres mammifères, la portion centrale des globules est au contraire moins saillante que le bord, et il n'y a pas de noyau distinct.

Ces globules rouges, qui donnent au sang sa couleur, ne sont pas les seuls qu'on y découvre à l'aide du microscope. Il existe aussi dans ce liquide, mais en beaucoup moindre quantité, d'autres corpuscules incolores et d'une forme sphérique, qui ressemblent beaucoup aux globules du chyle; en général, ils sont difficiles à apercevoir à cause de leur mélange avec les globules rouges.

§ 82. Chez les animaux sans vertèbres dont le sang est blanc ou à peine coloré, on trouve aussi des globules, mais ces corpuscules diffèrent beaucoup de ceux des animaux vertébrés; leur grosseur est très-variable chez le même individu; leur surface offre un aspect framboisé: on n'y distingue ni noyau central, ni enveloppe extérieure, et leur forme est en général sphérique.

§ 83. **Composition du sang.** — La chimie nous apprend que le sang se compose d'un grand nombre de substances différentes. Chez les animaux supérieurs, on y trouve: 1° de l'eau; 2° des principes immédiats albuminoïdes, savoir: de la fibrine, de l'albumine, de l'hématosine (ou matière colorante rouge du sang associée à du fer), de la caséine, etc.; 3° des matières grasses, telles que la cholestérine, la cérébrine, l'acide stéarique, l'acide oléique, etc.; 4° des matières sucrées (glycose); 5° des matières minérales (du chlorure de sodium, du phosphate de soude, du carbonate de chaux, du fer uni à l'hématosine, etc.); enfin, on y reconnaît la présence d'une petite quantité d'acide carbonique libre, de gaz azote et de gaz oxygène. Mais cette complication, toute grande qu'elle peut nous paraître, est encore au-dessous de la réalité; et si nos moyens d'analyse étaient plus parfaits, on découvrirait dans le sang d'autres substances encore, qui existent bien certainement, mais ne s'y trouvent qu'en quantités trop petites pour que le chimiste puisse les saisir. Pour s'en convaincre, il suffit d'arrêter l'action de certains organes chargés de séparer du sang divers liquides particuliers, tels que l'urine; car des matières qui étaient expulsées de l'économie par cette voie, et qui ne se montrent pas d'ordinaire dans le sang, s'y accumulent alors, et

deviennent de la sorte faciles à reconnaître, ainsi que nous le verrons du reste plus en détail lorsque nous arriverons à l'étude des sécrétions (1).

Les substances que nous venons d'énumérer comme étant contenues dans le sang sont aussi celles qui entrent dans la composition de presque toutes les parties, soit solides, soit liquides, de l'économie; l'albumine forme la base d'un grand nombre de tissus, la fibrine est le principe constituant des muscles, les sels contenus dans le sang se rencontrent aussi soit dans les os, soit dans les humeurs; et, d'après l'ensemble des faits connus, on est en droit de penser que les matériaux destinés à devenir de la chair, de la bile, de l'urine, etc., existent déjà dans le fluide nourricier: les organes qui doivent se les approprier les puisent dans ce liquide, et ne les créent pas; aussi n'est-ce pas sans raison que le sang a été appelé par quelques auteurs de la *chair coulante*.

§ 84. Les proportions dans lesquelles les diverses matières constituantes du sang s'y trouvent réunies varient beaucoup chez les différents animaux. Dans l'homme, on trouve ordinairement, sur 100 parties de sang, environ 79 parties d'eau, 19 centièmes d'albumine, 1 centième de sels, et quelques millièmes seulement de fibrine et de matière colorante. Dans le sang des oiseaux, la proportion d'eau est en général un peu moins forte; mais, dans le sang des batraciens et des poissons, on en trouve davantage. Dans celui de la grenouille, par exemple, il existe plus de 88 centièmes d'eau.

Des différences analogues se remarquent, lorsque l'on compare les quantités relatives de sérum et de globules dans le sang de divers animaux; et, comme nous le verrons par la suite, il existe un rapport remarquable entre la proportion de ces globules et la chaleur développée par ces êtres. Les oiseaux sont de tous les animaux ceux dont le sang est le plus riche en globules, et ceux aussi dont la température est la plus élevée. Le sang des mammifères en renferme un peu moins (7 à 12 centièmes); chez les reptiles et les poissons, que l'on appelle des animaux à sang froid à cause du peu de chaleur qu'ils développent, la quantité relative des globules est beaucoup plus faible encore, et ne dépasse guère 5 ou 6 centièmes du poids total du sang.

Du reste, les proportions des éléments solides et liquides varient aussi chez les différents individus d'une même espèce, et

(1) Pour plus de détails sur l'histoire chimique et physiologique du sang, voyez mes *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*, t. I, p. 141 et suivantes.

diverses circonstances peuvent apporter des modifications dans le sang d'un même animal. Ainsi la quantité des globules est plus grande et celle de l'eau plus faible dans le sang de l'homme que dans celui de la femme, et dans le sang des individus d'un tempérament sanguin que dans ceux d'un tempérament lymphatique.

§ 85. **Coagulabilité du sang.** — Dans l'état ordinaire, le sang est toujours fluide et se compose, comme nous l'avons déjà dit, d'un liquide aqueux tenant en suspension des globules solides, mais il est des circonstances où ses propriétés physiques changent complètement. C'est ce qui a lieu, par exemple, toutes les fois qu'on extrait le sang des vaisseaux où il est contenu dans l'intérieur du corps d'un animal vivant; abandonné à lui-même, il se transforme alors, au bout de quelques instants, en une masse de consistance gélatineuse, qui se sépare peu à peu en deux parties: l'une liquide, jaunâtre et transparente, formée par le sérum; l'autre plus ou moins solide, complètement opaque, et d'une couleur rouge, à laquelle on donne le nom de *caillot* ou de *crueur du sang*.

Ce phénomène est dû à la présence de la *fibrine* contenue dans le sang. Cette substance, qui est dissoute dans le sérum, a la propriété de se solidifier lorsqu'elle n'est plus soumise à l'influence de la vie; et, en se solidifiant ainsi, elle entraîne avec elle les globules, et forme avec eux une masse gélatineuse, de la même manière que du blanc d'œuf, employé pour clarifier un liquide trouble, entraîne les corpuscules qui s'y trouvent mêlés, lorsque par l'effet de la chaleur il vient à se coaguler. Pour s'assurer que la coagulation du sang dépend de la fibrine, il suffit de battre ce liquide avec des verges aussitôt qu'il est tiré de la veine; la fibrine, au moment de sa solidification, s'attachant alors aux baguettes, s'extrait facilement, et le sang perd la propriété de se coaguler. À l'aide d'une expérience très-simple, on peut également se convaincre que cette fibrine se trouve dans le sérum, et n'est pas contenue dans les globules, comme on le croyait jusque dans ces derniers temps. Effectivement, si l'on jette sur un filtre du sang dont les globules sont très-volumineux, du sang de grenouille, par exemple, il est possible de faire passer le sérum et de retenir tous les globules avant que la coagulation se soit effectuée; et, dans ce cas, bien que les globules soient restés intacts sur le filtre, le sérum se prend en masse comme d'ordinaire: seulement le caillot, formé alors exclusivement de fibrine, est blanc au lieu d'être rouge, comme lorsque les globules s'y trouvent englobés.

§ 86. **Usages du sang.** — Le sang, avons-nous dit, est l'agent spécial de la nutrition. Mais il ne sert pas seulement à réparer les pertes que subissent les organes et à les nourrir, il est destiné aussi à produire dans ces parties une excitation sans laquelle la vie ne saurait s'y maintenir. L'expérience suivante peut, mieux que toute autre, donner une idée de l'importance du rôle que ce liquide joue dans l'économie.

§ 87. Lorsqu'on saigne abondamment un animal, on le voit s'affaiblir de plus en plus ; et, si l'hémorrhagie est très-abondante, il ne tarde pas à perdre connaissance ; sa respiration s'arrête, tout mouvement musculaire cesse, et la vie ne se manifeste plus par aucun signe extérieur ; enfin, si la perte du sang est poussée assez loin, et qu'on laisse l'animal dans cet état, la réalité succède bientôt à l'apparence et la mort ne tarde pas à arriver. Mais si, au lieu d'abandonner à son sort cette espèce de cadavre, on injecte dans ses veines du sang semblable à celui qu'il a perdu, on le voit revenir à la vie : à mesure qu'on introduit dans ses vaisseaux de nouvelles quantités de sang, l'animal se ranime de plus en plus ; bientôt il respire librement, se meut avec facilité, reprend ses allures habituelles, et il peut même se rétablir complètement.

Cette opération, que l'on désigne sous le nom de *transfusion*, est certes une des plus remarquables que l'on ait jamais faites, et elle prouve mieux que tout ce que l'on pourrait dire l'importance de l'action des globules du sang sur les organes vivants ; car, si l'on emploie de la même manière du sérum privé de globules, on ne produit pas d'autre effet que si l'on se servait d'eau pure, et la mort n'en est pas moins une suite inévitable de l'hémorrhagie.

§ 88. L'influence du sang sur la nutrition est également facile à démontrer. Ainsi, lorsque, par des moyens mécaniques, on diminue d'une manière notable et permanente la quantité de ce liquide reçue par un organe, on voit celui-ci diminuer de grosseur, et souvent même se flétrir et se réduire presque à rien. D'un autre côté, on observe également que plus une partie quelconque du corps fonctionne, plus elle reçoit de sang, et plus aussi son volume s'accroît. En effet, chacun sait que l'exercice musculaire tend à développer davantage les parties qui en sont le siège ; que chez les danseurs, par exemple, les muscles des jambes, et surtout du mollet, acquièrent une grosseur remarquable, tandis que chez les boulangers, et les autres hommes qui exécutent avec leurs bras des travaux rudes, les muscles des membres supérieurs deviennent plus charnus que les autres par-

ties. Or, les muscles reçoivent plus de sang lorsqu'ils se contractent que lorsqu'ils sont en repos, et par cet afflux de sang le travail nutritif dont ils sont le siège est activé et leur volume s'accroît.

§ 89. Le liquide nourricier, en agissant ainsi sur les organes avec lesquels il est en contact, en éprouve à son tour des modifications, et à raison de ce changement il perd bientôt ses qualités vivifiantes. Le sang qui arrive dans les diverses parties du corps est d'une couleur rouge vermeil ; tandis qu'il présente, après les avoir traversées, une teinte sombre d'un rouge noirâtre ; et dans cet état il ne possède plus la faculté d'entretenir la vie dans les organes auxquels il se rend. Mais du sang ainsi vicié, ou du moins en quelque sorte usé, reprend, par l'action de l'air, ses propriétés primitives, et redevient alors propre à exciter le mouvement vital.

La fonction à l'aide de laquelle ce changement important s'opère est celle de la *respiration*, dont nous aurons bientôt à nous occuper.

Le sang qui a subi l'action de l'air, et qui est propre à l'entretien de la vie, est appelé *sang artériel* ; celui qui a déjà agi sur les organes, et qui ne peut continuer à y exciter le mouvement vital, se nomme *sang veineux* : il contient, en général, moins de globules que le sang artériel, et se coagule moins promptement, mais c'est par sa couleur noirâtre, par la quantité d'acide carbonique dont il est chargé et par son mode d'action sur les tissus vivants, qu'il s'en distingue le plus.

§ 90. D'après ce que nous venons de dire sur le rôle que les liquides nourriciers remplissent dans l'économie animale, et sur l'influence que la respiration exerce sur les propriétés physiologiques de ces liquides, il est évident qu'ils doivent être le siège d'un mouvement continu.

En effet, puisque c'est le sang qui distribue à toutes les parties du corps les matériaux nécessaires à leur nutrition, et que ce liquide est aussi la voie par laquelle les particules éliminées de la substance des tissus sont entraînées au loin, il ne peut rester en repos, et il doit nécessairement traverser sans cesse tous les organes. Mais, chez la plupart des animaux, ces conditions d'existence ne sont pas les seules qui rendent le mouvement du sang indispensable pour l'entretien de la vie : lorsque l'air ne pénètre pas lui-même dans l'épaisseur de tous les tissus (comme cela a lieu chez les insectes), et n'agit que par l'intermédiaire d'un organe spécial de la respiration (tel que les pou-