

**Qu'est-ce que  
le sang et que sont  
ses fonctions  
et ses usages ?**



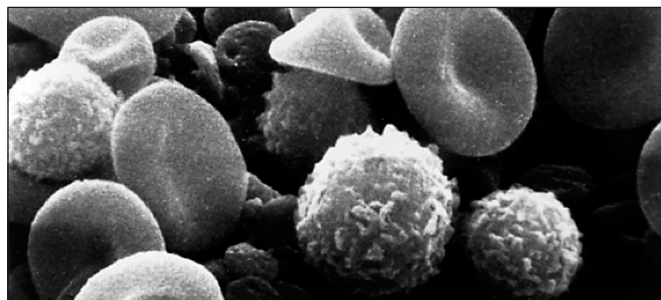


# 1

## Qu'est-ce que le sang ?

Aussi curieux que cela puisse paraître, le sang est un tissu, mais c'est un tissu fluide, dans lequel les cellules bougent ; le sang est composé de cellules qui sont les globules, classiquement dits « éléments figurés » ; ces cellules interagissent et sont nourries par l'élément liquide du sang, le plasma (le sérum n'est pas une unité vitale, c'est du plasma rendu incoagulable par un procédé chimique pour un usage de laboratoire). Le sang — environ 4 à 5 litres chez l'adulte — circule continuellement à l'état fluide (liquide) dans les vaisseaux sanguins, qui — du plus gros (quelques cm de diamètre) au plus fin (quelques micromètres de diamètre) représentent une arborescence de près de 100 000 km ! Grâce à cela, le sang diffuse dans tous les organes et tissus. Lors d'une lésion vasculaire (coupure, blessure ou maladie de la circulation), le sang se solidifie et coagule, soit normalement pour boucher l'effraction, soit pathologiquement dans les veines ou les artères. Selon son degré d'oxygénation, le sang est rouge clair ou foncé : les anciens reconnaissaient d'ailleurs deux types de sang qui avaient deux noms différents, *sanguis* (en latin) pour le sang clair et vif, typiquement celui des champs de bataille, et *crux*, foncé, stagnant et impur, le sang de la suffocation et des règles ; cela met en exergue l'un des nombreux symboles associés au sang. Il y a aussi des paradoxes associés à ce tissu, dont le plus évident est lié au sang qu'on perd (à cause d'une blessure par exemple) et qui conduit à la mort alors que le sang qu'on reçoit par transfusion grâce à un don revivifie !

*On voit sur cette image des cellules sanguines en suspension : on reconnaît principalement des globules rouges en forme de disques lisses et des globules blancs en forme de sphères rugueuses.*



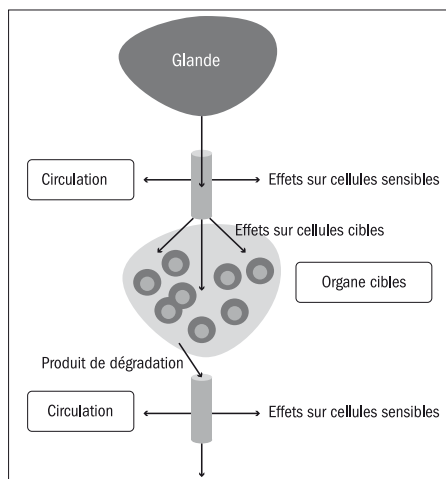
## De quoi est composé le sang ?

# 2

Le sang est composé de cellules (éléments figurés ou globules) qui sont les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes ; ensemble, ils forment 45 % du sang et leur sédimentation indique l'hématocrite. Les 55 % restants sont liquides : c'est le plasma. Ce liquide est riche en protéines de différentes natures, qui assurent principalement : 1) le maintien de l'état liquide du sang ou — en cas de nécessité — son aptitude à coaguler ; 2) son pouvoir détoxifiant ; 3) une grande partie de l'immunité ; 4) les principales fonctions physiologiques. Le plasma est aussi riche en glucides, éléments nutritifs et source d'énergie pour les cellules, et en lipides, essentiels au bon fonctionnement des membranes cellulaires. Beaucoup de molécules sont essentielles et servent en tant qu'outils de communication de cellules à cellules ou de cellules à tissus et organes (hormones, neuromédiateurs). Parmi les composants plasmatiques, il y a également des enzymes et des transporteurs, sans oublier les déchets de l'organisme qui transitent par le sang.

Le sang est stérile ou plus précisément aseptique et les microbes n'y circulent pas normalement (ou alors sous forme dégradée par l'immunité ou encore de « cadavres »). Pendant la grossesse, du matériel (cellules, ADN) d'origine fœtale peut se retrouver dans le sang maternel. En cas de maladie, d'autres cellules que les globules peuvent circuler dans le sang (cellules tumorales). Tous ces éléments, solides ou solubles, sont mesurables en laboratoire, de même que les produits liés aux protéines, aux lipides ou à l'eau du plasma ; cela reflète l'état de santé d'un individu (analyses médicales) ou de la société (épidémiologie).

*Ce schéma montre une des fonctions du sang, celle de permettre la circulation et la diffusion de molécules actives à distance, d'un organe ou d'un tissu à un autre, une fonction essentielle à l'équilibre physiologique de l'organisme.*



Qu'est-ce que le sang et que sont ses fonctions et ses usages ?



### 3 D'où vient le sang ?

Qu'est-ce que le sang et que sont ses fonctions et ses usages ?

Les cellules sanguines proviennent toutes de la moelle osseuse où elles sont présentes sous la forme de progéniteurs, lesquels subissent des transformations sous l'influence de médiateurs solubles, appelés facteurs de croissance ou de régulation, qui contrôlent la survie et la mort cellulaire. Ces progéniteurs répondent aux besoins de renouvellement des cellules détruites dans la moelle avant d'avoir été adultes, et des cellules adultes mais vieilles et éliminées de la circulation. Les globules blancs sont sans doute les cellules les moins transformées entre l'état médullaire de leurs progéniteurs et les cellules passant dans la circulation ; les globules rouges subissent une transformation importante chez les mammifères car leurs progéniteurs immédiats perdent leur noyau par extrusion (ce n'est pas le cas chez les oiseaux par exemple, dont les globules rouges sont nucléés) ; les plaquettes, quant à elles, n'existent pas dans la moelle : elles proviennent de la fragmentation d'une très grande cellule médullaire appelée mégacaryocyte. Le plasma emprunte sa phase hydrique (eau et ions) à l'équilibre qui se fait entre les apports digestifs (nourriture et boissons), la capture par les tissus et organes selon leurs besoins, et les rejets (selles, urines, évaporation par transpiration). Il emprunte ses composants lipidiques, protéiques et glucidiques à l'absorption des nutriments transformés, à partir de la nourriture, par le tube digestif. Une grande partie des protéines est fabriquée dans le foie, alors que d'autres protéines, liées aux glucides sous forme de glycoprotéines, proviennent de la sécrétion des glandes, tissus et organes connectés par la circulation. Ces protéines sanguines sont des hormones, des facteurs de coagulation, des facteurs de l'immunité, des facteurs d'absorption, des agents de couplage etc. ; ils sont tous essentiels à la physiologie. Finalement, une quantité importante de composants sanguins (peptides, glycoprotéines, lipides, glucides...) provient du métabolisme ou du catabolisme (destruction) des cellules sanguines elles-mêmes, qui — en vieillissant — émettent des microparticules, libèrent des parties de leurs membranes et du matériel génétique provenant des noyaux ou des mitochondries (organelles de la respiration), ou des protéines du réticulum endoplasmique (petites usines à assemblages de protéines), ou encore de résidus des appareils de Golgi

(petites usines à couplage de sucres sur les protéines)... Une autre partie encore provient du contenu vésiculaire ou granulaire des cellules sanguines, par sécrétion ou excrétion : résidus de dégradation, par des globules blancs, ou sécrétion de produits de régulation et de communication et produits de l'immunité ou de la coagulation, par les globules blancs et les plaquettes.

**Qu'est-ce que le sang et que sont ses fonctions et ses usages ?**



## 4 Qu'est-ce que la moelle osseuse ?

Qu'est-ce que le sang et que sont ses fonctions et ses usages ?

La moelle osseuse (« *bone marrow* » en anglais ; moelle du pot-au-feu) — à ne surtout pas confondre avec la moelle épinière (« *spine cord* ») qui est du tissu nerveux — est un tissu fluide qu'on trouve dans les grands os et les os plats chez l'adulte (et dans tous les os chez le tout jeune enfant). En grandissant et en vieillissant, de la graisse vient occuper de plus en plus de place dans ces os, et en fin de vie, on trouve aussi plus de tissu fibreux ou cicatriciel. Chez l'adulte, la moelle représente 4 % de la masse corporelle (2 à 3 kg) ; on n'y trouve plus les cellules dites totipotentes de l'embryon, mais celles du stade d'après dans la hiérarchie des cellules souches, à savoir des cellules dites pluripotentes. Celles-là vont pouvoir s'auto-renouveler pour conserver leurs propriétés presque indéfiniment, ou entreprendre une spécialisation ou une différenciation ; cette seconde propriété se déroule en cascade dans la moelle, puisque des cellules vont répéter ce processus de capacité à l'auto-renouvellement (pour assurer la pérennité du stock) et se spécialiser, jusqu'à produire, au bout de la différenciation, les cellules juste en amont des cellules qui elles, ne sont plus capables d'auto-renouvellement : ces dernières perdent ainsi le statut de cellules souches. Il y a deux types de cellules souches dans la moelle, 1) une catégorie extrêmement rare appelée cellules souches mésenchymateuses, qui vont à terme donner naissance au tissu osseux et cartilagineux ainsi qu'au tissu graisseux (et peut être d'autres tissus, ce qui ouvre de grandes perspectives en clinique), et 2) les cellules souches hématopoïétiques de plus en plus spécialisées qui vont donner les cellules sanguines (près de 500 milliards chaque jour). Toutes ces cellules ont absolument besoin, pour survivre et se différencier, de l'environnement osseux mais aussi de cellules « nurse » ou nourricières qui leur confèrent des propriétés fondamentales, ainsi que de la vascularisation de la moelle, qui apporte tous les facteurs de croissance, de prolifération à tous leurs différents stades de différenciation. Si la moelle se désertifie de façon pathologique, on peut tenter de mobiliser ces cellules souches (CD34+) par des médicaments bien spécifiques ; en cas de cancer, on peut prélever de la moelle avant la chimio- ou la radiothérapie qui va la détruire, et la réinjecter ; dans d'autres cas on peut greffer ou transplanter des cellules souches d'un donneur familial (frère ou sœur) ou à partir d'un donneur anonyme sous certaines conditions.

## À quoi sert le sang ?

# 5

Le sang n'existe comme tel que chez les vertébrés, mais il existe un équivalent, l'hémolymphe, chez certains invertébrés comme les arthropodes (insectes etc.) Chez l'homme, le sang (7 à 8 % de la masse corporelle) a de multiples fonctions, toutes essentielles. La plus évidente est l'oxygénation des tissus : l'hémoglobine, par l'atome de fer qui en compose le centre, capte dans les poumons l'oxygène indispensable au fonctionnement des tissus ; dans les artères il est chargé en oxygène et, dans les veines, après avoir libéré cet oxygène dans les tissus, il se charge en gaz carbonique. Ces échanges permettent au sang de se maintenir au bon niveau d'acidité (pH) c'est-à-dire sans être trop chargé d'hydrogène libre ou de bicarbonates. Le sang doit circuler du cœur qui le pompe vers les tissus, puis vers les poumons. Il est sous pression, ce qui se mesure très simplement : c'est la tension artérielle. De plus, le sang, riche en protéines, permet de maintenir la pression oncotique, mécanisme important pour éviter la fuite des liquides hors des vaisseaux. Par ailleurs, le sang assure le réchauffement de l'organisme en le maintenant à une température régulée ne variant que très peu (un degré Celsius au maximum) malgré des conditions extérieures très variables. Le sang maintient en effet l'homéostasie, ce que Claude Bernard avait décrit de façon géniale dans la 2<sup>de</sup> partie du XIX<sup>e</sup> siècle : c'est l'équilibre des milieux intérieurs, allant du transport de toutes les molécules essentielles au fonctionnement de tous les systèmes et organes, du digestif au neurologique, de l'immunitaire à l'urinaire, et du cardio-pulmonaire à l'hormonal... ; il redistribue ainsi les nutriments dégradés dans le tube digestif et absorbés par les muqueuses. Grâce entre autres à l'albumine, le sang déttoxifie les impuretés que déversent les cellules et les organes en fonctionnant. Le sang assure enfin une grande partie de l'immunité contre les envahisseurs, notamment les agents infectieux. Enfin, le sang est le garant de l'étanchéité des milieux intérieurs et du système vasculaire : en cas de brèche, il coagule et prévient le saignement. Le sang est un tissu vraiment central au service de tous les organes et les systèmes de l'organisme.

Qu'est-ce que le sang et que sont ses fonctions et ses usages ?



## 6

### Quelle est la relation entre le fer et les globules rouges ?

L'organisme contient de 3 à 5 g de fer : ce métal joue un rôle clef dans la fixation de l'oxygène au sein de la poche de l'hémoglobine, qui est la protéine principale du globule rouge. La quantité totale de fer fixée à l'hémoglobine est considérable (2 g). La myoglobine (protéine musculaire) contient 200 mg de fer au total. 25 mg de fer sont nécessaires pour reconstituer quotidiennement 1/120 de la masse érythrocytaire qui comprend environ 200 milliards d'érythrocytes ; un globule rouge ne vivant que 120 jours, environ 1/120 de cette masse est détruite chaque jour. Ces 25 mg de fer proviennent du recyclage du fer qui se déroule dans la rate, le foie ou la moelle osseuse : ces organes contiennent une réserve de fer d'environ 1 g.

Les hémorragies et les menstruations occasionnent une perte de fer : les femmes en période d'activité génitale ont un besoin accru en fer. Un don de sang de 450 ml occasionne une perte de 250 mg. De plus, chaque jour, 1-2 mg de fer est éliminé avec la desquamation des cellules de la peau et des muqueuses.

Afin de garantir l'équilibre de ce métabolisme du fer, la perte quotidienne doit être compensée par l'absorption du fer contenu dans l'alimentation (2 à 4 mg/j). L'absorption du fer, au niveau digestif, est finement régulée, et plusieurs protéines sont impliquées au niveau digestif par des cellules adaptées. La ferroportine joue un rôle de serrure dont la clef est l'hepcidine, une petite molécule formée dans le foie. L'hepcidine est l'hormone centrale de régulation du fer qui inhibe la libération de celui-ci dans la circulation par la liaison à la ferroportine : la ferroportine est alors dégradée. De ce fait, la porte cellulaire reste fermée conduisant à un blocage de l'absorption de fer à partir de l'alimentation via les cellules épithéliales de l'intestin. Inversement, lorsque l'organisme manque de fer, la synthèse de l'hepcidine baisse, la ferroportine joue son rôle et le fer entre dans l'organisme. Il est alors pris en charge par plusieurs transporteurs, notamment la transferrine, qui transporte le fer entre les différents compartiments de stockage. Plusieurs types cellulaires ont des récepteurs pour cette transferrine, ce qui permet au fer de rentrer dans ces cellules. La ferritine quant à elle reflète les réserves de fer intracellulaires (on peut la doser pour apprécier ce paramètre essentiel) ; le fer est stocké dans les cellules par la ferritine et l'hémosidérine.