

La plupart ont un diamètre de 7,7 μ environ ;
Quelques-uns, en très petit nombre, n'atteignent que 4 ou 5 μ ;

Il y a 1 globule blanc pour 350 globules rouges ;

Le sang renferme 14 % d'hémoglobine ;

Dans le sang artériel, l'hémoglobine est combinée à l'oxygène ; c'est l'oxyhémoglobine, de couleur rouge vermillon ;

Dans le sang veineux, l'hémoglobine n'est pas combinée ; c'est l'hémoglobine réduite, de couleur rouge sombre ;

Le sang normal (artériel ou veineux) ne renferme pas de méthémoglobine, ni de carboxyhémoglobine, ni d'hématidine, ni d'hématine libre ;

Il ne renferme pas d'autres éléments figurés que ceux que nous avons indiqués, et en particulier pas de micro-organismes (le sang normal, conservé en vase clos, ne subit pas la putréfaction).

II. — ÉTUDE CLINIQUE DU SANG

Ces faits étant établis, il est facile de prévoir quels sont les points qui feront l'objet de l'examen clinique.

On recherchera :

Le nombre absolu et la proportion relative des éléments figurés ;

Les altérations de forme, de volume, etc., dont ils peuvent être le siège ;

La proportion d'hémoglobine contenue dans le sang ;

La nature des combinaisons de cette dernière ;

La capacité respiratoire du sang ;

La présence d'éléments étrangers ;

Enfin la pression du sang artériel.

On emploie quatre modes de recherches principaux :

1° On examine le sang au microscope ;

2° On mesure l'intensité de la coloration, celle-ci étant en rapport avec la quantité d'hémoglobine ;

3° On examine le sang au spectroscope ;

4° On mesure sa pression au sphymomètre¹.

Technique de la récolte du sang.

Elle varie selon le but que l'on se propose ;

a) Si l'on désire surtout étudier la *forme*, la *volume des éléments morphologiques*, ou *rechercher la présence d'éléments anormaux*, on opère de la manière suivante :

On lave avec soin un doigt du malade au moyen d'une solution antiseptique (le sublimé, par exemple, au 2/1000^e) ; après l'avoir bien essuyé, on pratique, au moyen d'une aiguille ordinaire qui a été préalablement flambée, une piqûre profonde et rapide au niveau de la pulpe ; on laisse sourdre une gouttelette de sang en ayant soin de ne pas trop comprimer le doigt, on applique sur celle-ci une lame porte-objet exempte de toute poussière, et on recouvre aussitôt la préparation d'une lamelle pour éviter autant que possible le contact de l'air.

b) Si l'on veut rechercher la *proportion relative* des globules rouges et des leucocytes, il est recommandable d'ajouter à la gouttelette de sang recueillie une goutte d'une solution de chlorure de sodium à 0,75 pour cent ; grâce à cette précaution, les globules restent mieux isolés, et la numération est rendue beaucoup plus facile.

¹ Il y a un cinquième mode d'exploration, c'est l'*analyse chimique* ; elle est basée sur la proportion du fer qui est normalement de 0^{sr},42 pour 100 grammes d'hémoglobine ou de 0^{sr},039 pour 100 grammes de sang ; on recherche le poids du fer contenu dans le sang, et la formule $P : x = 0,42 : 100$ donne le poids de l'hémoglobine (P représente le fer, x représente l'hémoglobine) ; mais ce procédé exige des travaux de laboratoire que ne comporte pas la clinique.

c) Si l'on a l'intention de compter le *nombre absolu* des globules ou de faire un *dosage* de l'hémoglobine, il est nécessaire de recueillir une plus grande quantité de sang; on emploie pour cela une aiguille spéciale ou la lancette. Ensuite, il faut, au moyen de pipettes graduées, aspirer un volume déterminé de sang.

1° **Examen microscopique.** — Au microscope, on recherche :

- a) Le *nombre absolu* des globules rouges;
- b) La *proportion relative* des globules blancs;
- c) Les *altérations* que peuvent présenter les globules;
- d) S'il existe des *éléments étrangers*.

A) Numération des globules rouges

Il y a plusieurs procédés; ils sont tous basés sur le même principe :

Recueillir un certain volume de sang (une ou plusieurs gouttes); l'ajouter à un volume déterminé de sérum artificiel¹ de manière à obtenir une dilution connue; compter le nombre des globules renfermés dans une quantité donnée de celle-ci. Par une série de multiplications, on établit le chiffre des globules contenus dans un millimètre cube de sang.

Pour *recueillir* le sang, on se sert de *pipettes graduées* permettant d'aspirer quelques millimètres cubes de liquide;

¹ Le sérum artificiel de Hayem se compose de :

Bichlorure de mercure	1 gramme
Chlorure de sodium	2 grammes
Sulfate de soude	40 »
Glycérine	20 »
Eau distillée	400 »

C'est celui dont nous nous servons ordinairement dans la numération des globules.

On opère le *mélange* avec le sérum artificiel soit dans une petite *éprouvette*, soit au moyen du *mélangeur Potain*;

Le liquide dans lequel on compte les globules est *mesuré* par le *capillaire artificiel de Malassez*, par la *cellule calibrée de Hayem*, ou par la *chambre humide graduée*;

Enfin, pour faciliter la *numération* elle-même, on se sert soit d'un *quadrillage objectif*, soit d'un *quadrillage oculaire*, ou encore de l'*hématimètre de Hayem et Nacet*, lequel s'adapte à la platine du microscope.

Dans notre clinique, nous nous servons couramment du *compte-globules à chambre humide graduée de Malassez*¹.

Il se compose de deux instruments :

1° Le *mélangeur Potain*, destiné à faire des mélanges de sang et de sérum artificiel très exactement titrés et parfaitement homogènes.

Ce mélangeur est gradué de telle sorte qu'il peut fournir des dilutions sanguines au 50°, au 100°, au 200°, au 300°, au 400° et au 500°; on emploie des dilutions d'autant plus élevées que l'on suppose le sang plus riche en globules. Nous employons généralement dans nos recherches sur le sang pathologique (anémies, etc.) la dilution au 100°.

Pour cela, après avoir fait une piqûre au doigt du malade, on aspire du sang au moyen du mélangeur Potain jusqu'au trait 1; immédiatement après, on aspire du sérum artificiel jusqu'au trait 101. Il ne reste plus qu'à agiter le mélangeur en tous sens, pour que la petite boule placée dans l'intérieur du réservoir brasse intimement le mélange et le rende parfaitement homogène.

2° La *Chambre humide graduée Malassez*, qui se compose

¹ Construit par Stiassnic, successeur de Véric, fabricant de microscopes, rue des Écoles, 43, à Paris.

d'une petite lame de verre quadrillée (enchâssée dans une plaque métallique) et d'un couvre-objet disposé de telle façon que la couche de liquide interposée a une épaisseur de $\frac{1}{5}$ de millimètre.

Graduation de la chambre humide de Malassez.

Elle comprend un réseau micrométrique formé de vingt rectangles, divisés chacun en vingt petits carrés parfaits et égaux; les rectangles ont une largeur de $\frac{1}{4}$ de millimètre et une hauteur de $\frac{1}{5}$ de millimètre; leur surface est donc de $\frac{1}{20}$ de millimètre carré, et chacun des 20 petits carrés qui y sont contenus a une surface de $\frac{1}{400}$ de millimètre carré.

L'épaisseur de la couche liquide étant de $\frac{1}{5}$ de millimètre, chaque rectangle a un volume de $\frac{1}{20} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{100}$ de millimètre cube, et chaque carré a un volume de $\frac{1}{400} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{2000}$ de millimètre cube.

Numération. — On laisse tomber une goutte du mélange sur la lame graduée, on applique le couvre-objet, et on dispose la préparation de manière à voir un rectangle tout entier (20 carrés) dans le champ du microscope. Nous employons d'ordinaire un grossissement de 300 à 400 diamètres.

On compte alors tous les globules contenus dans un rectangle (en additionnant successivement les globules contenus dans les 20 petits carrés); ce chiffre représente les globules renfermés dans $\frac{1}{100}$ de millimètre cube du mélange de sang et de sérum, et comme celui-ci est fait au $\frac{1}{100}$ il faut multiplier ce nombre par 10,000 pour connaître la quantité de globules contenus dans un millimètre cube de sang.

RÈGLE. On multiplie donc le nombre de globules contenus dans un rectangle par 10,000, c'est-à-dire qu'on ajoute à ce nombre quatre zéros.

[Après avoir fait ce calcul, nous faisons toujours un dosage de l'hémoglobine au moyen de l'hémoglobinomètre de Gowers.]

Signification clinique. — A l'état pathologique, le chiffre des hématies peut être considérablement diminué : a) dans l'anémie; b) dans l'anémie pernicieuse; dans ce dernier cas, les globules sont plus grands et renferment plus d'hémoglobine.

D'autre part, le nombre des globules rouges paraît augmenté chaque fois que le plasma diminue, par exemple dans la diarrhée, dans beaucoup d'affections du cœur, etc. Dans ces conditions, une quantité de globules trop faible en réalité peut paraître normale. Après une hémorragie ou une saignée abondante, le chiffre des globules rouges paraît moindre qu'il n'est, parce que le plasma se reforme plus rapidement que les hématies. Ce que donne la numération n'est donc pas le nombre absolu des globules, mais leur proportion relativement au plasma; or, le volume de ce dernier variant constamment, il en résulte que pour un même chiffre de globules, la numération donne aussi des résultats constamment différents.

Outre cette cause d'erreur, qui se présente dans tous les dosages du sang (sauf dans l'évaluation proportionnelle des leucocytes), on peut encore adresser à la numération les reproches suivants :

1° Dans cette opération, on ne tient pas compte de la valeur des globules; or, la qualité du globule est bien plus importante que le chiffre globulaire. Dans les anémies graves, on trouve souvent une quantité normale d'hématies, alors que le sang est très pauvre en hémoglobine, parce que les globules rouges n'ont pas leur composition physiologique. Même phénomène dans la dysenterie, la maladie de Bright, le premier stade du typhus, etc.

Pendant la période de régénération qui suit les hémorragies graves, le nombre des globules rouges augmente dans une proportion beaucoup plus grande que le poids de l'hémoglobine.

C'est donc aussi un procédé insuffisant.

2° Tous les procédés de numération des globules rouges sont susceptibles d'écart considérable provenant de l'inégale répartition des globules dans les appareils où se fait la numération, de l'exagération de l'erreur par les multiplications consécutives, etc.

Pour diminuer l'importance de cette seconde cause d'erreur, la numération doit donc être faite avec le plus grand soin.

B) Proportion relative des globules rouges et des globules blancs

Il est très important de connaître la proportion relative des globules blancs; souvent, elle est en raison inverse de l'hémoglobine contenue dans le sang; d'autres fois, le nombre des hématies et la quantité d'hémoglobine sont normaux, alors que la proportion des leucocytes est supérieure à ce qu'elle doit être.

Cette recherche se fait, du reste, facilement puisqu'elle ne comporte aucun dosage: on recueille une gouttelette de sang comme nous l'avons vu page 171, b, et, au moyen d'un oculaire quadrillé, on compte rapidement les globules contenus dans plusieurs parties différentes de la préparation. On additionne les leucocytes d'une part (L), les hématies d'autre part (H), et l'on établit la proportion suivante: $L : H = 1 : x$; normalement $x = 350$.

Si l'on compte le nombre des globules rouges au moyen de la chambre humide graduée de Malassez et que l'on emploie une dilution de sang au 1/100, il doit y avoir en moyenne,

à l'état physiologique, 2 ou 3 globules blancs pour deux rectangles (960 à 1000 globules rouges).

On peut aussi compter les globules blancs contenus dans 10 rectangles et multiplier le total par 1000; on sait qu'il doit y en avoir 15,000 par millimètre cube de sang.

Signification clinique. — Le nombre des leucocytes peut varier à l'état normal et à l'état pathologique:

1° A l'état normal:

Il diminue par le jeûne;

Il augmente pendant la digestion, et pendant la grossesse;

2° A l'état pathologique:

La proportion des leucocytes augmente considérablement dans la *leucocytose*; cet état accompagne un grand nombre de fièvres aiguës (fièvre typhoïde, érysipèle, etc.); l'intoxication saturnine, la tuberculose, etc.; il y a parfois 1 globule blanc pour 60 globules rouges;

Dans la *leucocythémie*, il y a augmentation du nombre des leucocytes, et diminution simultanée des globules rouges et de l'hémoglobine; il en résulte que le chiffre des premiers peut devenir égal à celui des seconds; l'origine de cette affection se trouve dans différents organes: rate, ganglions lymphatiques, etc.

Après une saignée ou une hémorragie, le nombre des leucocytes augmente tandis que celui des hématies et le poids de l'hémoglobine diminuent.

Par ce qui précède, on voit que le rapport des leucocytes au chiffre des globules rouges est un renseignement précieux en clinique. Il ne se modifie point par les changements de volume du plasma, et il est permis d'affirmer qu'une augmentation notable de cette proportion indique toujours un état pathologique.

C) Altérations que peuvent présenter les globules du sang

Il faut se méfier des modifications de forme ou de volume des éléments figurés, car elles peuvent être dues à l'évaporation, ou à l'addition de certaines solutions trop denses ou trop diluées, etc. Il est cependant certaines modifications dont il y a lieu de tenir compte :

1. On trouve des *globules géants* (de 10 à 15 μ) dans l'anémie et plus spécialement dans l'anémie pernicieuse progressive (fig. 53, a).

2. Les *globulins* (globules blancs de 4 à 5 μ de diamètre) se rencontrent également, en plus grand nombre, dans l'anémie (fig. 53, b).

3. Dans les mêmes cas, on constate souvent l'existence de globules présentant la forme de poires ou de bouteilles ; c'est la *poichilocytose* (fig. 53, c).

4. On voit parfois de nombreux *microcytes* ; ce sont des globules sphériques, rouges, de 1 à 3 μ de diamètre, ne s'empilant pas (fig. 53, d) ; il ne faut pas les confondre avec les globulins, ni avec des globules rouges modifiés par la préparation elle-même (voir page 167, b). Les microcytes se rencontrent particulièrement dans les brûlures étendues de la peau, dans divers états pathologiques s'accompagnant d'une diminution de l'activité du foie avec suractivité de la rate, dans l'anémie pernicieuse progressive.

5. D'autres fois, les globules rouges sont pourvus d'un *noyau* (fig. 53, e) ; cet état se rencontre dans certaines anémies graves et dans la leucocythémie.

6. Dans la chlorose, les globules rouges sont *très pâles*,

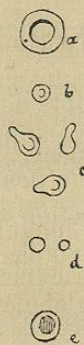


Fig. 53.
a, b, c, e, globules rouges modifiés ;
d, microcytes

par suite d'une grande diminution de l'hémoglobine. Dans ce cas, le nombre des globules rouges est ordinairement normal.

D) Éléments étrangers

On peut rencontrer dans le sang :



Fig. 54.
Leucocytes dans la mélanémie.

1. Du *pigment noir* ou brun, soit sous forme de fragments isolés, soit sous forme de granulations contenues dans les leucocytes ; c'est la *mélanémie* (fig. 54).

2. Des *gouttelettes de graisse*, dans l'alcoolisme, le diabète, certaines affections des reins.

3. Des *parasites végétaux ou animaux*. (Voir chapitre XVI.)

2° Examen du pouvoir colorant du sang.

Cette recherche a pour but de déterminer la proportion d'hémoglobine contenue dans le sang¹ ; elle présente un grand intérêt puisque l'hémoglobine constitue l'élément actif des globules rouges, et que, de plus, ces derniers peuvent en renfermer des quantités variables.

L'examen colorimétrique est une opération moins longue et moins difficile que l'analyse chimique, et il donne des résultats plus exacts que la numération des globules rouges.

Il y a plusieurs procédés cliniques ; nous citerons spécialement :

A) Les procédés chromométriques ou colorimétriques

Ils consistent à *dissoudre* une quantité déterminée de sang (dix ou vingt millimètres cubes, par exemple) dans de

¹ Nous avons dit que le sang normal renferme 14 % d'hémoglobine.

l'eau distillée, et à comparer cette *solution* d'hémoglobine à une substance colorée prise comme étalon.

Il y a trois appareils principaux :

1. Le *chromomètre de Fleischl*¹.

On se sert comme terme de comparaison d'une lame de verre transparente en forme de pyramide allongée, dont la coloration rouge augmente d'intensité du sommet à la base; le long de cette lame se trouve une échelle indiquant les proportions correspondantes d'hémoglobine.

Pour faire le dosage, il suffit de chercher quelle est la partie de cette lame dont la coloration est identique à celle de la solution du sang.

2. Le *chromomètre de Bizzozero*².

Dans cet appareil, on emploie, comme terme de comparaison, un verre uniformément coloré par l'application d'une couche très mince d'oxyhémoglobine; le fond du réservoir destiné à recevoir la solution de sang est formé d'un disque de verre incolore; dans le réservoir pénètre un tube métallique fermé à sa partie inférieure par un disque de verre incolore également, qui permet de voir au travers de la solution sanguine et d'apprécier ainsi l'intensité de sa coloration; plus le tube est enfoncé, plus mince devient la colonne de liquide interposée entre les deux disques de verre et plus la coloration pâlit; si on relève le tube, la couche de solution sanguine augmente d'épaisseur et l'intensité de la coloration augmente. Lorsque la solution vue au travers du tube a une coloration identique à celle du verre de couleur, on lit sur une échelle la hauteur à laquelle on est arrivé, c'est-à-dire l'épaisseur

¹ Construit par Reichert, à Vienne.

² Construit par Ferdinando Baldinelli, à Milan.

de la couche liquide, et on en déduit la quantité d'hémoglobine contenue dans le sang.

Cet appareil repose sur le même principe que le colorimètre de Duboscq.

3. L'*hémoglobinomètre de Gowers*¹.

Il se compose d'un tube de verre scellé à la lampe et renfermant une solution de picocarmin dans la glycérine : la coloration de celle-ci représente une solution au 1/100^e de sang normal. On recueille 20 millimètres cubes de sang; on les introduit dans une petite éprouvette graduée² de même diamètre que le tube étalon, et on ajoute de l'eau jusqu'à ce que la coloration de la solution sanguine soit identique à celle de la glycérine au picocarmin. Si le sang examiné est normal, la solution doit atteindre à ce moment le chiffre 100 de l'éprouvette; si elle n'atteignait que le chiffre 50, par exemple, cela signifierait que le sang en expérience ne renferme que la moitié de l'hémoglobine qu'il devrait renfermer, c'est-à-dire en réalité 7 p. c. au lieu de 14 p. c. du poids total du sang.

$$50 : 100 = x : 14; \quad \frac{14 \times 50}{100} = 7.$$

La même proportion d'hémoglobine peut donc être désignée soit par le *nombre* 50, soit par la quantité 7 *grammes*.

B) *Les procédés diaphanométriques*

Dans ces procédés, on ne fait *pas de solution* sanguine, on examine un objet soit au travers du sang pur, soit au travers d'une *dilution* de sang dans du sérum artificiel (une solution sodique, par exemple, ne dissolvant pas les

¹ Construit par Hotz, à Berne.

² Chaque degré de la graduation représente 20 millimètres cubes.

globules), et d'après le degré d'opacité du liquide examiné on détermine sa richesse en hémoglobine.

Les procédés diaphanométriques ne sont pas exempts de reproche : ainsi, dans la leucocytose, dans la leucocythémie, dans la lipémie, l'opacité du sang n'est pas en rapport seulement avec l'hémoglobine, mais aussi avec les leucocytes et les globules graisseux ; les résultats obtenus sont donc trop forts.

Il y a deux appareils principaux :

1. Le *cytomètre de Bizzozero*¹.

On fait une dilution de 10 millimètres cubes de sang dans un demi-centimètre cube de solution sodique ; on verse le mélange dans un réservoir semblable à celui du *chromomètre* de Bizzozero (dans lequel un cylindre métallique creux, fermé à sa partie inférieure par un disque de verre incolore, peut s'enfoncer plus ou moins) ; au travers du cylindre et de la couche liquide, on examine non plus une surface blanche pour apprécier l'intensité de la coloration, mais la flamme d'une bougie. On place l'appareil à un demi-mètre de celle-ci ; en donnant très peu d'épaisseur à la dilution de sang, on voit très bien la flamme ; en retirant le tube métallique, la couche de liquide augmente, la flamme devient moins brillante, et, au moment où elle paraît voilée et de couleur rougeâtre, l'opération est terminée. On lit l'épaisseur de la couche de liquide interposée et l'on en déduit la quantité d'hémoglobine.

2. L'*hématoscope d'Hénocque*².

Il est composé de deux lames de verre placées oblique-

¹ Même constructeur que pour le *chromomètre*.

² Construit par Lutz, opticien à Paris.

ment l'une sur l'autre, de manière qu'entre elles se trouve un espace prismatique capillaire ; dans celle-ci, on fait pénétrer une petite quantité de sang *non dilué* (il faut six gouttes pour remplir tout l'espace libre), et l'on obtient une nappe de sang dont l'épaisseur augmente de la gauche à la droite de l'observateur.

L'appareil se complète par une plaque émaillée, portant une échelle graduée dirigée de droite à gauche ; en appliquant sur cette plaque les deux lames de verre, préparées comme il est dit plus haut, le dernier chiffre de la graduation lu distinctement *par transparence à travers la couche sanguine*, indique la proportion d'hémoglobine contenue dans 100 grammes du sang examiné.

L'examen colorimétrique, par l'une des méthodes que nous venons d'indiquer, constitue un bon moyen de détermination de la richesse du sang.

Mais les chiffres que l'on obtient ainsi sont, comme pour la numération des globules, en rapport avec l'état de *dilution* du sang, c'est-à-dire avec le volume du plasma.

Ils ont cependant sur la numération cet avantage de représenter un élément de composition *fixe*, l'hémoglobine, laquelle est en définitive le facteur le plus important des globules rouges.

Signification clinique. — La quantité d'hémoglobine est diminuée dans un grand nombre d'états pathologiques, caractérisés soit par l'anémie, soit par la dénutrition.

3° Examen spectroscopique.

On examine le sang au spectroscope dans un triple but :

- a) Pour faire l'analyse *qualitative* de la matière colorante ;
- b) Pour doser l'hémoglobine ;