

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Motard, Louis-Claude-Adolphe. - Du sang considéré sous les rapports anatomique, physiologique et chimique**

**1835.**

***Paris : Imprimerie de d'Urtubie et Worms***

***Cote : 90975***



Licence ouverte. - Exemplaire numérisé: BIU Santé (Paris)

Adresse permanente : <http://www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?90975x1835x01x03>

CONCOURS POUR L'AGRÉGATION.

SECTION DES SCIENCES ACCESSOIRES.

DU SANG

CONSIDÉRÉ

SOUS LES RAPPORTS ANATOMIQUE, PHYSIOLOGIQUE ET CHIMIQUE.

THÈSE

Soutenue à la Faculté de Médecine de Paris, le 24 décembre 1835,

PAR LOUIS-CLAUDE-ADOLPHE MOTARD,

Docteur en médecine.

Est-ce là ce rayon de l'essence suprême  
Que l'on nous peint si lumineux ?  
Est-ce là cet esprit survivant à lui-même ?  
Il naît avec nos sens, croît, s'affaiblit comme eux ;  
Hélas ! périra-t-il de même ?  
Je ne sais, mais j'ose espérer  
Que de la mort, du temps et des destins le maître,  
Dieu conserve pour lui le plus pur de notre être,  
Et n'anéantit pas ce qu'il daigne éclairer.

VOLTAIRE.



PARIS.

IMPRIMERIE DE D'URTUBIE ET WORMS,

Rue Saint Pierre-Montmartre, 17.

1835.





JUGES DU CONCOURS.

MM. ORFILA, Président.

ADELON,

ALIBERT,

BÉRARD,

BRIQUET,

CRUVEILHIER,

RICHERAND,

COTTEREAU,

JOBERT.

Juges.

Suppléants.

CONCURRENS :

MM. BAUDRIMONT, CHASSAIGNAC, DE LIGNEROLLES, HUGUIER, MOTARD.



## DU SANG

### CONSIDÉRÉ

#### SOUS LES RAPPORTS ANATOMIQUE, PHYSIOLOGIQUE ET CHIMIQUE.

##### 1.° *Du sang considéré sous le rapport anatomique.*

Le sang est un fluide animal qui distribue et reprend à toutes les parties du corps les matériaux de leur composition et de leur décomposition ; élément organisateur, chair coulante, comme on l'a nommé, il fournit à tous les genres de nutriments, donne naissance à tous les fluides sécrétés, développe par ses réactions la chaleur animale, se répare incessamment par son mélange avec les produits de l'absorption interstitielle, lymphatique et chyleuse, se purifie tant par l'action chimique de l'air que par l'élimination de produits excrétés, et sans cesse projeté dans toutes les parties du corps pour y remplir à la fois tant de rôles différens, entretient, par un mécanisme admirable, toutes les fonctions et tous les phénomènes de la vie.

1°. Un organe musculaire, nommé cœur, centre d'impulsion, que l'on peut regarder comme double et formé de l'accrolement de deux



cœurs primitifs, creusés chacun de deux cavités, dont l'inférieure nommée ventricule, s'abouche avec un système d'artères ramifiées, et la supérieure nommée oreillette avec un système de veines.

2°. Un appareil de valvules, ouvrant et fermant les communications auriculo-ventriculaires; la valvule droite, nommée tricuspide, sorte de repli à trois dentelures, qui est mu par une foule de petits cordages tendineux dépendant des colonnes charnues du cœur; la gauche, nommée mitrale ouvrant et fermant de même l'orifice auriculo-ventriculaire gauche; d'autres nommées sigmoïdes existant à l'orifice des deux artères.

3°. Ces deux artères: l'une distribuant le sang revenu du poumon à toutes les parties du corps, par une série de ramifications successives représentant une foule de cônes tronqués, dont la somme des capacités va sans cesse en augmentant, pendant que le calibre individuel de chacun d'eux diminue; allant se terminer en vaisseaux microscopiques dans le parenchyme même de tous les organes, et formant ce que l'on appelle le système capillaire général. C'est l'artère aorte.

L'autre envoyant et divisant le sang veineux revenu de toutes les parties du corps dans les dernières ramifications pulmonaires, et le soumettant ainsi à l'acte de l'hoématose, contribue à former dans le parenchyme même du poumon le système capillaire pulmonaire.

Ces tubes artériels, fermes, résistans, élastiques, capables de réagir sur le sang, et de se laisser distendre par ce fluide, sont formés de trois membranes, dont l'intérieure lisse, polie, mince, humectée, se continue avec la membrane interne du cœur, et contribue par ses replis à former les valvules.

La membrane moyenne, épaisse, jaune, élastique et formée de plusieurs plans de fibres presque circulaires (1).

La membrane externe est sous forme de gaine celluleuse, très-résistante dans le sens longitudinal.

(1) On l'a crue de nature musculieuse d'après le genre de ses fonctions et d'après l'observation qu'on en a faite dans l'éléphant; mais elle se comporte avec les réactifs tout autrement que la fibrine; elle n'est donc pas musculieuse.



4°. Deux systèmes de veines, vaisseaux afférens, s'abouchant dans les oreillettes, rapportent au cœur : d'une part, le sang veineux provenant du système capillaire général, et de l'autre, le sang hoematosé provenant du système capillaire pulmonaire.

Tel est l'appareil creux ramifié, sans cesse parcouru par le sang, et que l'on peut comparer pour la forme à quatre arbres dont les troncs aboutissent au cœur, et dont les ramifications s'entrelacent deux à deux, celles nées du ventricule gauche et de l'oreillette droite dans le parenchyme des organes, celles du ventricule droit et de l'oreillette gauche dans le poulmon.

Hippocrate le premier connut les veines; Proxagoras crut que les artères étaient vides dans le vivant comme elles le sont dans le cadavre.

Galien trouva les artères pleines de sang et reconnut leurs battemens; mais il en tira des conséquences erronées.

Servet démontra que le sang marchait du cœur au poulmon et du poulmon revenait au cœur.

Enfin c'est à Harvey qu'il était réservé en 1602, d'attacher son nom à l'une des plus belles découvertes des temps modernes.

La connaissance des valvules qui existent dans les veines, fut pour lui un trait de lumière, et dix-sept années d'expériences appuyées de raisonnemens convaincans lui permirent d'établir la circulation du sang dans les vaisseaux comme une vérité démontrée.

Il fit voir qu'en ouvrant une artère le sang qui jaillissait venait du côté du cœur, que c'était tout le contraire s'il s'agissait d'une veine; qu'en appliquant à ces vaisseaux la compression ou la ligature, les veines se gonflaient au-dessous et les artères au-dessus; enfin il analysa la disposition et le jeu des valvules du cœur et de celles des veines, et sa théorie de la circulation finit par obtenir l'assentiment général. Malpighi ne tarda pas à la confirmer par l'inspection microscopique et observa la marche du sang dans le poulmon, le mésentère et la vessie urinaire des grenouilles.

Haller bientôt après à l'aide d'une simple lentille, put voir sur la loche de rivière la plus grande artère de la queue se recourber en



veine en donnant passage à la fois à plusieurs globules de sang.

La circulation du sang a depuis été observée chez tous les animaux, où elle s'accomplit d'une manière qui offre dans les diverses classes des variétés fort importantes.

Chez l'homme, le sang passe successivement du système capillaire général dans les veines, l'oreillette droite, le ventricule droit, l'artère pulmonaire, les veines pulmonaires, l'oreillette gauche, le ventricule gauche, l'artère aorte. On y reconnaît donc facilement deux cercles, le cercle pulmonaire et le cercle général ; mais on voit aussi qu'ils n'en feraient qu'un seul, si les deux cœurs qui forment un organe unique se trouvaient désaccollés.

Le cœur remplit l'office d'une pompe aspirante et foulante, il offre la succession des phénomènes suivans :

1° Dilatation des deux oreillettes coïncidant avec la contraction des deux ventricules, c'est le mouvement de systole du cœur.

2° Contraction des oreillettes coïncidant avec la dilatation des deux ventricules, c'est le mouvement de diastole.

Ce double mouvement est suivi d'un léger repos, de telle sorte que le temps nécessaire à un battement complet se partage en une moitié pour la systole des ventricules, un quart pour celle des oreillettes, et le dernier quart pour l'intervalle de repos.

On ne croit pas qu'à chaque systole d'une cavité, celle-ci se vide en entier du sang qu'elle contient ; on admet un léger reflux de sang dans les oreillettes à chaque systole du cœur, et l'on suppose que cet organe reçoit l'action nerveuse de la moëlle épinière, mais surtout des ganglions cardiaques.

Les artères, à chaque projection de sang, paraissent éprouver une dilatation passive suivie d'un retour élastique à leur calibre primitif ; ce qui a fait dire qu'elles avaient aussi en quelque sorte leur mouvement de systole et de diastole.

Dans les mammifères la circulation est analogue à ce qu'elle est chez l'homme.

Dans les reptiles, le cercle circulatoire est unique ; le cœur n'a qu'un ventricule à une (batraciens) ou deux oreillettes (chéloniens,



sauriens, ophidiens) et envoie le sang dans une artère dont une branche seule va au poumon, de sorte qu'à chaque circuit il n'y a qu'une portion de sang qui soit hématosée.

Dans les poissons, le sang veineux se rend à une poche, qui est une sorte d'oreillette à parois minces, appliquée derrière le ventricule, et s'y ouvrant par une ouverture garnie de deux valvules. Ce ventricule, de forme très-variable, donne naissance à une artère qui porte la totalité du sang veineux dans les branchies. Celui-ci devenu artériel et repris par des radicules qui se réunissent en 8, 10 ou 12 veines branchiales, se rend dans un tronc unique aortique qui le distribue dans tous les organes. Les impulsions du cœur branchial paraissent se transmettre à travers les branchies.

Dans les mollusques on trouve un ventricule aortique et souvent un ou deux autres distincts, pour les organes de la respiration branchiale ou pulmonaire; le sang est bleuâtre.

Dans les crustacés, une circulation double, un cœur branchial, et un autre aortique, distincts et réduits l'un et l'autre à un ventricule cylindrique.

Dans certaines arachnides, le cœur, musculaire, simple, dorsal, branchial ou pulmonaire, ne permet qu'un cercle circulatoire unique traversé par du sang blanc.

Dans les insectes, il n'y a qu'un vestige de cœur; c'est un gros vaisseau moniliforme étendu le long du dos et présentant des mouvements alternatifs; le sang blanc paraît se distribuer dans l'animal par imbibition.

Enfin dans les annélides on retrouve du sang rouge avec une respiration branchiale et un système double d'artères et de veines sans cœurs bien marqués.

Après avoir passé en revue la destination, les réservoirs, la marche, la circulation et en quelque sorte la topographie du sang, voyons ce que les micrographes nous ont appris sur la constitution anatomique des molécules de ce fluide.

Lewenhoëck et Malpighy découvrirent par l'observation microscopique que le sang est formé d'une infinité de globules colorés nageant



dans un liquide séreux. Ils paraissent d'autant moins nombreux qu'on les observe dans les oiseaux, les mammifères, ou les animaux à sang froid; le sang artériel en contient plus que le veineux.

M. Kater a donné la méthode suivante qui permet de les mesurer. (Philosophical transactions 1817.)

On place sur une table qui supporte le microscope une règle divisée en pouces et dixièmes de pouce, et sous le microscope même une petite lame de nacre de perle divisée en deux-centièmes de pouce. Quand on regarde avec l'œil droit, par exemple, dans le microscope, on voit les divisions de la petite échelle de nacre amplifiées dans le rapport de l'unité au grossissement de l'instrument, mais si on ouvre en même temps l'œil gauche, on aperçoit avec cet œil les divisions de la règle dans leur grandeur naturelle. Or, ces deux images paraissent se projeter l'une sur l'autre et leurs subdivisions peuvent se comparer facilement. M. Kater reconnut ainsi que  $\frac{1}{200}$  de pouce valeur d'une division de l'échelle de nacre, agrandie par le microscope, embrassait sur la règle vue à l'œil nu environ un pouce, en sorte que son instrument amplifiait deux cents fois les dimensions linéaires.

Après cette épreuve préliminaire, tout restant dans le même état, on remplace l'échelle de nacre par quelques gouttes de sang suffisamment étendu. Or, un des globules de ce liquide observé sous le microscope avec l'œil droit, et amplifié par conséquent 200 fois, n'occupait que la moitié d'un dixième de pouce sur la règle voisine, qui était vue comme dans l'expérience préalable, par l'œil gauche et sans l'interposition d'aucun verre. Mais si 200 fois le diamètre d'un globule égaient  $\frac{1}{20}$  de pouce, le diamètre simple est égal à  $\frac{1}{4000}$  de pouce anglais: une seconde expérience donna  $\frac{1}{6000}$  dont la moyenne  $\frac{1}{5000}$  ou ( $\frac{1}{200}$  de millimètre) semble être à très-peu près la dimension d'un globule de sang humain.

M. Young dans son ouvrage (an introduction to medical littérature. 1813.) donne les diamètres suivans :



Diamètre d'un globule de sang de veau. . . . .	$\frac{1}{260}$	de millimètre.
Id. sang humain délayé dans l'eau. . . . .	$\frac{1}{240}$	id.
Id. id. après plusieurs jours. . . . .	$\frac{1}{200}$	id.
Id. sang de souris. . . . .	$\frac{1}{180}$	id.
Id. sang de raie . . . . .	$\frac{1}{70}$	id.

Ever : Home, pense que la matière colorante enveloppe seulement les molécules sans les pénétrer, et que leur diamètre se réduit d'un cinquième quand l'eau a dissous la couleur.

Hewson regarde les globules comme des corps plats munis d'un point saillant dans leur centre ; cette disposition est, dit-il, très-manifeste dans la grenouille. Le docteur Young n'a jamais vu cette prééminence.

Prevost et Dumas se rangent à l'opinion de Hewson, de plus ils ont vérifié dans beaucoup d'animaux l'identité du point blanc central avec les globules qui forment la fibre musculaire, tant pour la grosseur que pour la forme. Cette identité avait déjà été annoncée par Home.

Les globules sont circulaires dans tous les mammifères, elliptiques dans les oiseaux et les animaux à sang froid. Dans tous les cas, ils sont vésiculeux, aplatis, semblables à une pièce de monnaie portant un renflement central, quand on les observe dans la membrane des pattes de la grenouille ou dans l'aile de la chauve-souris, on les voit se balancer dans le liquide et présenter tantôt leur face plane et tantôt leur tranchant, ce qui ne laisse aucun doute sur leur forme.

Voici les mesures données par Prevost et Dumas : homme, chien, lapin, cochon, cochon d'Inde, hérisson  $\frac{1}{150}$  ; âne  $\frac{1}{167}$  ; chat, souris  $\frac{1}{171}$  ; mouton, cheval, mulet, bœuf  $\frac{1}{200}$  ; chamois, cerf  $\frac{1}{218}$  ; chèvre  $\frac{1}{288}$  ; ils ont aussi donné la mesure des diamètres des globules elliptiques d'un grand nombre d'autres espèces.



## ANALYSE ET DESCRIPTION CHIMIQUE

### DU SANG.

Le sang qui est fluide dans l'état de vie et circule incessamment à l'aide des impulsions qui lui sont communiquées par le cœur, est rouge-vermeil dans les artères et rouge-run dans les veines; son odeur est fade et nauséabonde, variable chez les divers animaux et en général plus forte chez les mâles; sa saveur légèrement salée; sa pesanteur spécifique qui est variable aussi selon l'individu qui l'a fourni est cependant toujours plus grande que celle de l'eau.

Le sang veineux est moins odorant que l'artériel; sa température est de  $38^{\circ},75$ ; sa capacité pour le calorique est représentée par le nombre 852 (celle de l'eau étant 1000); son poids spécifique, 1051. Fourcroy l'avait trouvée de 1056.

Le sang artériel est plus congulable plus odorant, sa température est de  $40^{\circ}$ , sa capacité pour le calorique de 839; il pèse spécifiquement 1049.

Traité par l'eau froide, le sang se divise et se délaie, des globules de fibrine nagent incolores dans le liquide; soumis à la température de l'eau bouillante, il se coagule en une masse brune-violette.

La potasse et la soude augmentent sa fluidité.

Le chlore le verdit d'abord, le décolore ensuite, produisant un précipité blanchâtre, l'acide nitrique le blanchit et le précipite.

Les acide sulfuriques et pyro-phosphorique le précipitent en brun.

L'acide hydrochlorique le fait tourner au pourpre.

L'infusion de noix de galles et le prussiate ferrugineux de potasse le précipitent en brun.

Presque toutes les dissolutions de sels métalliques des quatre der-



nières sections y produisent un précipité composé surtout d'oxide et d'albumine.

L'alcool en s'emparant de l'eau le précipite abondamment.

Agité avec différens gaz, le sang veineux se comporte diversement, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau ci-dessous. Sa couleur est modifiée :

GAZ.	COULEUR.	GAZ.	COULEUR.
Oxigène. . . . .	rouge-rose. . . . .	Hydrogène. . . . .	rouge-brun. . . . .
Air. . . . .	rouge. . . . .	Protoxide d'azote. . . . .	rouge-brun. . . . .
Ammoniaque. . . . .	rouge-cerise. . . . .	Hydrogène arsénic. . . . .	violet-verdâtre. . . . .
Oxide de carbone. . . . .	rouge-violet? . . . . .	Hydrogène sulfuré. . . . .	violet-verdâtre. . . . .
Deutoxide d'azote. . . . .	idem. . . . .	Gaz hydro chloriq. . . . .	brun-marron. . . . .
Hydrogène carboné. . . . .	idem? . . . . .	Gaz sulfureux. . . . .	brun-noir. . . . .
Azote. . . . .	rouge-brun. . . . .	Gaz chlore. . . . .	blanc jaunâtre. . . . .
Acide carbonique. . . . .	rouge-brun. . . . .		

Le sang artériel ou veineux reçu dans un vase à la sortie du vaisseau d'un animal et abandonné à lui-même se coagule au bout d'un certain temps en une masse cohérente qui se resserre lentement et finit par nager dans un liquide limpide coloré en jaune verdâtre. Ce phénomène de coagulation spontanée a beaucoup exercé le raisonnement des physiologistes et des chimistes.

La présence de l'air et son action, l'exhalation ou l'absorption de l'acide carbonique, la précipitation ou le rassemblement de la fibrine qui préexisterait à la fois à l'état de dilution et de dissolution, l'absence des forces vitales, ont été successivement indiqués comme la cause du phénomène. Ever : Home ainsi que Prévost et Dumas qui regardent le sang comme uniquement formé de globules fibrineux nageant dans le serum et enveloppés de matière colorante, supposent que ces globules, par l'effet du repos, se rassemblent en une masse cohérente. Berzélius considérant que le liquide incolore des vaisseaux lymphatiques est dépourvu de globules et se coagule exactement comme le sang, admet qu'une portion de la fibrine était dissoute dans



le sang vivant et que se précipitant par le repos et le refroidissement de celui-ci, elle emprisonne les globules, en imitant ce qui se passe dans un liquide albumineux trouble qui s'éclaircit par la chaleur.

La température du sang s'élève-t-elle sensiblement pendant cette coagulation, ainsi qu'il arrive en général lorsque des corps liquides passent à l'état solide? Selon le docteur Gordon, le thermomètre s'élèverait de plusieurs degrés (*Journal of Science and the arts*. Vol. II, p. 286.) Mais John Davy, dans sa dissertation inaugurale, annonce qu'il n'en est rien; il a depuis vérifié le fait sur des goulus de mer, sur des tortues et des brebis. On peut admettre que si la coagulation du sang développe de la chaleur, elle n'affecte pas le thermomètre d'une manière bien sensible.

### ANALYSE CHIMIQUE DU SANG.

Un grand nombre de chimistes se sont exercés sur l'analyse du sang. Outre l'intérêt puissant que doit offrir la connaissance des principes immédiats d'un fluide qui fournit à toutes les sécrétions, qui porte la vie dans tous les organes et fait incessamment avec eux un échange de matériaux réparateurs et de produits à expulser. On éprouve un certain enthousiasme à voir les efforts successifs qui ont été faits par les plus habiles chimistes, qui presque tous ont voulu s'exercer sur cette difficile et intéressante analyse. L'histoire rapide de leurs travaux, de leurs luttes, de leurs découvertes, nous guideront dans l'examen de ces questions si souvent abordées, si long-temps controversées et qui ne semblent s'éclaircir que pour nous faire voir combien il reste encore à découvrir.

Je vais donc passer successivement en revue toutes les phases de l'analyse chimique du sang ainsi que les expériences et les opinions auxquelles elle a donné lieu.

Rouelle le cadet avait donné une analyse du sang, quand Lemery le premier chercha à démontrer la présence du fer en quantité notable dans ce fluide. Menghini fit ses efforts pour déterminer quelle en



était la proportion, et croyait pouvoir isoler ce métal par l'aimant après avoir incinéré le sang.

On commença dès-lors à attribuer à la présence du fer la coloration du sang, et à sa suroxydation dans l'acte de l'hématose, la teinte plus vermeille du sang artériel. Mais à quel état le fer devait-il exister? Deyeux et Parmentier, qui firent un travail spécial sur le sang, crurent que l'alcali contribuait à tenir l'oxide de fer en dissolution, à peu près comme cet oxide est dissous dans la teinture alcaline martiale de Stahl. Sage, Gren, Fourcroy, Vauquelin donnèrent ce rôle à l'acide phosphorique: voici comment Fourcroy s'exprimait alors dans son système des connaissances chimiques.

« Nous avons trouvé, M. Vauquelin et moi, que le phosphate de fer » suroxigéné est avec excès de base, que ce phosphate se dissout très- » bien et par la plus légère agitation ou le broiement dans le blanc » d'œuf cru et dans le serum du sang. Il n'est pas même nécessaire » d'employer la chaleur, puisque cette dissolution a lieu à froid par le » seul mouvement en offrant sur-le-champ une couleur rouge très-forte » qui imite celle du sang. Un peu d'alcali fixe pur accélère cette disso- » lution et la rend plus complète et plus vive dans sa couleur. »

Mais en 1808, Berzélius donna, dans ses *Recherches sur les substances animales*, une nouvelle analyse du sang et refuta l'opinion précédente que le sang devait sa couleur rouge au sous-phosphate de fer dissous dans le serum; il démontra qu'aucun réactif ne pouvait déceler dans le sang la présence de l'oxide de fer, et que ce n'était qu'après une décomposition par le feu qu'on pouvait trouver le fer dans les cendres. Il fit voir que parmi tous les principes du sang la matière colorante seule contenait du fer dans les cendres qu'elle fournissait; il en conclut que ce métal y était combiné sans oxydation préalable, et comme un élément distinct au carbone et aux autres principes de la matière colorante.

Quatre ans après, dans un ouvrage spécial sur le sang et le chyle, Brande ramena l'opinion déjà soutenue par Wels, en 1797, que le sang devait sa couleur à une substance animale particulière complètement dépourvue de fer. Il prétendit avoir obtenu d'une quantité considérable



de matière colorante traitée par l'incinération des quantités d'oxide de fer si minimes qu'elles échappaient presque à l'observation.

Vauquelin, renonçant à ses idées sur le rôle qu'il avait attribué au sous-phosphate de fer, embrassa la théorie de Brande et l'appuya par une analyse qu'il convient peut-être de développer à cause de l'exactitude que ce chimiste mettait dans ses travaux.

#### ANALYSE DE VAUQUELIN.

Le caillot retiré du sang coagulé fut égoutté sur un tamis, écrasé dans une terrine, mêlé à 4 parties d'acide sulfurique et étendu de 8 d'eau mi-chauffé à 70 degrés pendant six heures.

La liqueur filtrée, le résidu lavé avec autant d'eau qu'il avait employé d'acide, Vauquelin satura presque complètement avec de l'ammoniaque le liquide concentré à moitié de son volume, puis agitant la liqueur et la laissant reposer, il obtint un dépôt de couleur pourpre qu'il eut soin de laver jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitassent plus le nitrate de baryte.

Il observe lui-même que l'acide sulfurique dissout une certaine quantité d'albumine et de fibrine, mais qu'elles restent en dissolution dans la liqueur après la précipitation de la matière colorante par l'ammoniaque.

Il reconnaît aussi que le caillot de sang traité à trois reprises par la même quantité d'acide sulfurique donne des dissolutions aussi colorées que la première.

#### *Propriétés du principe colorant du sang obtenu par Vauquelin.*

- 1°. Sans saveur ni odeur.
- 2°. Il se délaie dans l'eau sans s'y dissoudre.
- 3°. Il est noir comme du jay et quand il est sec, et se dissout dans les acides et les alcalis avec une couleur rouge pourpre.
- 4°. L'acide gallique et le prussiate de potasse ne changent pas la couleur des dissolutions acides de ce principe ; ce qui annonce qu'il ne con-



*tient pas de fer*, dit Vauquelin. Mais dans la liqueur de laquelle ce principe a été précipité, ces réactifs annoncent l'existence du fer.

5° Soumis au feu dans un appareil fermé, il exhale une odeur semblable à celle des matières animales, fournit du carbonate d'ammoniaque et une huile rouge pourpre.

6° Sa dissolution dans l'acide nitrique étendu n'éprouve pas de changement dans sa couleur; le nitrate d'argent ne la trouble pas, mais l'acétate de plomb y forme un précipité brun et la décolore.

7° Le principe colorant séparé du sang a une couleur rouge pourpre et même violacée qui paraît verdâtre par réfraction. Il ne reprend pas comme le sang veineux sa couleur vermeille quand on l'expose à l'air.

Berzélius refuta de nouveau les conséquences auxquelles Brande et Vauquelin étaient parvenus. Il maintint l'existence du fer dans la matière colorante. Reprenant l'analyse de Vauquelin comme celui-ci l'avait faite, il en vérifia l'exactitude, et en outre il prouva que la majeure partie du principe colorant était resté intact dans le caillot; et le traitant successivement par l'eau et l'ammoniaque, il en obtint des dissolutions excessivement riches en matière colorante; puis enfin il procéda à l'incinération et au dosage du fer, ce que Vauquelin n'avait pas fait, supposant que tout le fer était resté combiné à l'acide sulfurique.

100 parties de matière colorante obtenues de la combinaison insoluble avec l'acide sulfurique, en la traitant par l'ammoniaque, donnèrent à Berzélius 1,25 parties de cendres rouges, contenant pour cent 55,6 d'oxide de fer, soit  $\frac{7}{10}$  pour 100 de la matière colorante. Il en conclut que la matière colorante devait contenir environ  $\frac{1}{2}$  pour 100 de fer métallique.

Quant à la question de savoir si le fer a quelque part à la couleur du sang, il laisse la question indécise, mais il maintient que le fer, dans tous les cas, ne produit pas la couleur de la manière qu'on le supposait, quand on le croyait sous forme d'oxide dissous dans le sang,

La discussion en était là quand les expériences d'Engelhart semblèrent donner gain de cause à la théorie de Berzélius. Ces expériences étaient les suivantes :



hydrogène sulfuré, change bientôt de couleur, devient violette, puis verte, sans qu'il soit possible de rétablir la couleur rouge.

Cette réaction étant la même que celle que l'hydrogène sulfuré exerce sur le fer, on en conclut que la présence du fer dans la matière colorante était essentielle à sa couleur.

2°. Quand on fait passer un courant de chlore dans une dissolution aqueuse de matière colorante, la teinte verdit, puis disparaît; la matière animale se précipite bientôt en flocons parfaitement blancs, qui ne donnent point de cendres par l'incinération; la dissolution retient du fer, de la chaux, de l'acide phosphorique.

En voyant les acides ne point enlever d'oxide de fer à la matière colorante, et des radicaux comme le chlore et l'iode, isoler complètement le fer et le phosphore, on ne douta plus que ces substances n'existassent dans la matière colorante sans combinaison avec l'oxygène.

Enfin, en 1827, de nouvelles observations de Henri Rose vinrent répandre de nouveaux doutes sur un résultat si longuement controversé. Ce chimiste démontra qu'un grand nombre de matières organiques non volatiles, telles que la gélatine, la gomme arabique, le mucilage de graine de lin, le sucre, la glycérine, la mannite, les acides pectique, quinique, mucique, malique, citrique, tartrique, jouissaient de la propriété de s'opposer à la précipitation de l'oxide de fer par les alcalis.

Il fut établi, en outre, que le serum du sang, jouissant de la même propriété, pouvait être mêlé avec une quantité considérable d'une dissolution de fer, et s'opposer à ce que l'oxide de ce métal fût sensible aux réactifs ordinaires.

L'oxide de fer, engagé dans la matière colorante du sang, pouvait donc y être retenu par une cause tout-à-fait semblable. Rose mêla, à une dissolution de matière colorante, d'abord un sel de fer, puis de l'ammoniaque caustique; il remarqua qu'il ne se précipitait pas d'oxide de fer, et, de plus, que la dissolution était devenue insensible à la teinture de noix de galle et à l'hydrogène sulfuré.

Berzélius observe avec raison que dans ces sortes de combinaisons les acides enlèvent l'oxide de fer à la matière organique, et qu'ils n'enlèvent pas à la matière colorante du sang le fer qui lui est naturellement combiné.



Les analyses de Lacanu qui a préparé une matière colorante plus pure : la globuline, et y a trouvé une proportion énorme de cendres, uniquement formées de peroxide de fer, semblent décider enfin que le fer est essentiel à l'existence du principe colorant du sang. La combinaison du fer à l'état métallique avec l'hydrogène, le carbone, etc., devient moins étrange depuis que de nombreux exemples ont prouvé que le phosphore, le soufre, le chlore, l'iode pouvaient entrer dans des combinaisons quaternaires. Passons en revue maintenant les différens procédés analytiques qui ont été appliqués à la séparation de chacun des principes immédiats du sang.

§ I. *Matière colorante* (zoohématine, cruorine, hématosine.)

L'hématosine peut se présenter sous plusieurs formes : 1° à l'état de suspension dans le sang. 2° à l'état de dissolution dans l'eau. 3° à l'état de coagulation par la chaleur.

Un grand nombre de procédés ont été indiqués pour isoler cette substance.

1°. Brande pour se la procurer fouettait le sang au sortir de la veine, pour enlever la fibrine sous forme de longs filamens; puis, au moyen du repos, il laissait la matière colorante se précipiter et décantait le serum surnageant.

2°. Nous avons vu comment Vauquelin l'obtenait en délayant le caillot égoutté dans quatre fois son poids d'acide sulfurique étendu de 8 parties d'eau, et chauffant à 70°.

3°. Berzelius décrit ainsi (ann. de phys. et chimie 1817) la manière dont il la prépare.

Le caillot égoutté fut coupé en lames minces et placé sur du papier brouillard pour en extraire autant de serum que possible. La matière colorante fut dissoute par l'eau qui laissa la fibrine non dissoute et incolore. La matière colorante fut séparée de l'eau par l'évaporation à 50° qui n'altère pas sa solubilité ou par l'ébullition qui la coagule.

4°. Vauquelin, en faisant l'analyse d'un sang de bœuf conservé pendant cinq ans, trouva que la fermentation putride avait entièrement décomposé la fibrine et l'albumine, et que la matière colorante déposée au fond du vase jouissait encore de toutes ses propriétés, entre autres, elle



donnait avec l'acide sulfurique affaibli, une dissolution d'un rouge magnifique, beaucoup plus belle, dit-il, que celle fournie par le sang frais. Le procédé de la fermentation offert par le hasard, peut donc à la rigueur servir à isoler la matière colorante.

5°. Lecanu partage en parties très-ténues, le caillot parfaitement égoutté, puis le délayant à plusieurs reprises dans de l'eau distillée, pour entraîner le serum adhérent, en ayant à chaque fois le soin de l'exprimer fortement dans un linge, il se procure ainsi un mélange de fibrine et de matière colorante dont l'eau distillée sépare la fibrine. Il expose la solution filtrée à l'action du soleil, dans des assiettes à large surface. Il obtient ainsi la matière colorante par évaporation spontanée.

6°. Enfin Lecanu remarqua que la nature colorante obtenue par les procédés précédents, après avoir été combinée à l'acide hydrochlorique, n'était pas complètement soluble dans l'alcool bouillant et que ce menstrue en isolait un résidu blanc insoluble qu'il regarde comme de l'hydrochlorate d'albumine. En conséquence, il propose le procédé suivant pour obtenir la matière colorante pure, à laquelle sous ce dernier état, il réserve le nom de globuline.

Dans du sang de bœuf battu, et, préalablement, étendu de 3 à 4 fois son poids d'eau, il verse un léger excès de sous-acétate de plomb. Dans la liqueur filtrée il sépare l'excès de plomb par du sulfate de soude. La liqueur filtrée de nouveau et d'un rouge magnifique, est précipitée par l'addition d'une suffisante quantité d'acide hydrochlorique; la liqueur se décolore, et il s'en sépare des flocons bruns d'hydrochlorate acide; il les exprime, les fait sécher au bain-marie, puis les traite à plusieurs reprises par l'alcool bouillant.

En ajoutant à la liqueur alcoolique quelques gouttes d'ammoniaque liquide, elle se trouble, en laissant déposer d'abondants flocons rouges qui doivent être traités à plusieurs reprises par l'eau bouillante pour séparer les dernières traces d'ammoniaque.

De tous ces procédés les deux premiers doivent être rejetés. Le troisième, quoique préférable, n'offre pas encore de garantie suffisante pour l'élimination complète de l'albumine. Le cinquième paraît évidemment compris dans le troisième.



Le quatrième procédé, fondé sur la fermentation, n'est pas immédiatement applicable. Il offrirait probablement un produit pur.

Le dernier paraît donner un produit pur en observant les précautions indiquées par l'auteur, et qui consistent :

1°. A éviter qu'un contact prolongé entre le sous-acétate de plomb et la matière colorante, n'altère cette dernière.

2°. A dessécher complètement le coagulum acide, car l'hydro-chlorate d'albumine est soluble dans l'alcool affaibli.

3°. A éliminer complètement l'acide hydrochlorique et l'ammoniaque.

*Les propriétés de la matière colorante du sang sont les suivantes :*

D'APRÈS LECANU.

NOM DES RÉACTIFS.	GLOBULINE INDISSOUBLE.	GLOBULINE DISSOUE DANS LA POTASSE.	GLOBULINE DISSOUE DANS L'ACIDE HYDROCHLORIQUE.
Eau. . . . .	Insoluble. . . . .		
Alcool. . . . .	Insoluble. . . . .		Soluble.
Potasse. . . . .	Très-soluble. . . . .		Pré <sup>te</sup> sol : dans un excès de réactif.
Infusion des noix de galle. . . . .		Précipité brun. . . . .	Pré <sup>te</sup> brun clair.
Pruss. fer <sup>s</sup> de potasse		Rien. . . . .	Pré <sup>te</sup> brun.
Ac : acétique. . . . .		Pré <sup>te</sup> brun sol : dans un excès.	
Ac : sulfur. concentr.	Soluble avec une couleur rouge. . . . .		
étendu. . . . .	Insoluble. . . . .		
Chlore. . . . .			Le chlore donne un précipité blanc. le prussiate de po- tasse manifeste dans le liquide une teinte bleue sensible.
Hydriod. de potasse.			Précipité brun.
S. acétate de plomb.			Rien.
Ammoniaque. . . . .			Précipité soluble dans un excès.



D'APRÈS BERZÉLIUS.

NOMS DES RÉACTIFS.	MATIERE COLORANTE DISSOUTE DANS L'EAU.	MATIERE DISSOUTE DANS L'ACIDE ACÉTIQ.
Oxigène. . . . .	couleur vermeille.	
Hydrogène, ac. carb., acide sulfureux.	couleur noire.	
Protoxide et deutoxide d'azote. . . . .	couleur pourpre.	
Chlore. . . . .	caillot blanc.	
Iode. . . . .	caillot brun.	
Alcool. . . . .	caillot un p. sol.	
Sulfures alcalins	couleur verdâtre.	
Hydrogène sulfuré . . . . .		
Acétate de plomb, sublimé corrosif. . . . .	caillot rouge.	
Sulfate de zinc. . . . .		
Nitrates de plomb, d'argent, de protoxide de mercure, de cuivre. . . . .	caillot brun.	
Chlorures d'or et de platine. . . . .		
Noix de galls . . . . .	caillot rouge-pâle.	précipité.
Acides nitrique, sulfurique, pyro-phosphorique, tartrique, citrique, oxalique hydrochl. . . . .		précipité brun foncé.
Acide phosphorique. . . . .		rien.
Prussiate ferr: de potasse. . . . .		précipité brun.

## § II.—Fibrine.

La fibrine existe dans le sang sous forme de globules blanchâtres qui sont entourés d'un cercle d'hématosine; ces globules composés nagent dans un liquide albumineux, c'est le sérum; M. Donné nie que le globule contienne de la fibrine; il la croit en solution dans le sérum, en admettant que l'hématosine seule a la forme globulaire. M. Raspail, au contraire, ne veut point qu'ils soient enduits de matière colorante, et regarde les globules comme des points albumineux blanchâtres. Nonobstant ces oppositions, la première opinion paraît décidément établie par suite des travaux de Hewson, Ever: Home, Béclard, Prévot et Dumas, et d'un grand nombre d'observateurs.

Il serait possible cependant qu'une portion seule de la fibrine fût à l'état globulaire, et que le reste existât en dissolution dans le sérum.



Quoi qu'il en soit, pour obtenir la fibrine du sang à l'état de pureté, on peut se servir des procédés suivans :

1°. Le caillot de sang, coupé en tranches minces et soumis à la presse entre plusieurs doubles de papier Joseph, est ensuite traité par l'eau, qui ramollit le caillot, dissout la matière colorante et laisse la fibrine pour résidu. On malaxe celle-ci dans l'eau souvent renouvelée, jusqu'à ce qu'elle devienne tout-à-fait incolore.

On l'obtient ainsi en masse molle et spongieuse formée d'une grande quantité de filamens entrelacés.

2°. Ou bien on bat le sang à la sortie de la veine; la fibrine en longs filamens s'attache aux verges dont on se sert; il ne s'agit plus que de la laver à l'eau pour la rendre blanche.

La fibrine obtenue par l'un ou l'autre de ces deux procédés, contient encore de la graisse; on l'en sépare en la traitant par la digestion dans l'alcool ou l'éther.

Par la dessiccation la fibrine perd presque les trois quarts de son poids, qu'elle recouvre presque complètement en la traitant par l'eau.

Elle présente, dans ces deux cas, le même phénomène que Chevreul a reconnu se passer avec presque toutes les substances et les tissus animaux, qui, par la dessiccation, deviennent jaunes, transparens, élastiques, et qui peuvent, par une sorte d'hydratation définie, reprendre l'eau qu'ils avaient perdue en redevenant blancs, mous et opaques.

Sans odeur et sans saveur, la fibrine fond sous l'influence d'une température élevée, se gonfle et brûle avec une flamme éclatante. Le charbon et résulte de la distillation, brûle difficilement en laissant des cendres riches en phosphates, et ne contenant que des traces inappréciables de fer.

L'eau froide ne la dissout pas, l'eau bouillante finit par la dénaturer.

L'eau, oxigénée par son contact, se décompose en oxigène et en eau, sans que la matière animale soit le moins du monde altérée. Il se dégage de la chaleur.



Elle se comporte comme il suit avec les réactifs :

RÉACTIFS.	FIBRINE SECHE.	ACETATE et HYDROCLITE PIERRE.
Acide sulfurique.	Gelée jaunâtre Sulfate acide insoluble. Sulfate neutre soluble.	Précipité blanc un peu soluble.
Acide nitrique.	Pas de gelée. Couleur jaune dégage de l'azote à chaud. Gelée incolore.	
Acide pyro-phosph.	Sel acide insoluble. Sel neutre soluble. Gelée incolore.	Précipité blanc.
Acide phosphorique	Phosphore acide. { solubles. Phosphate neutre. { Gelée bleue.	Rien.
Acide hydro-chloriq.	Sel acide insoluble. Sel neutre soluble. Gelée incolore.	Précipité blanc un peu soluble.
Acide acétique.	Acétate acide. { solubles. Acétate neutre. {	Rien
Cyanure jaune de po- tassium et de fer.		Précipité blanc.
Cyanure rouge de po- tassium et de fer.		Précipité citrin.
Potasse étendue. . .	Gelée soluble.	
Idem concentrée. . .	Dégage de l'ammoniaque.	
Ammoniaque. . . . .	Gelée Soluble.	Précipité blanc.
Chlore liquide. . . .		Précipité blanc.
Noix de galle. . . . .		Précipité brun clair
Hydriodate de potas.		Précipité blanc.
S.-acétate de plomb.		Rien.

La fibrine dissoute dans la potasse, la liqueur étant neutralisée, précipite par presque tous les sels des quatre dernières sections.



### § III. — *Albumine du sang.*

Après que le sang a éprouvé la coagulation spontanée, et qu'on en a retiré le caillot rouge, principalement formé de fibrine et d'hématosine, il reste un liquide limpide, d'une couleur jaune-verdâtre, d'une densité de 1,027 à 1,029, manifestant une réaction alcaline sur les papiers colorés, et se coagulant, à l'air aussi bien que dans le vide, à une température d'environ 75 degrés, sans laisser dégager aucun gaz ; c'est le serum.

PRÉPARATION. On évapore le serum au bain-marie pour éviter de le charbonner ; il cesse d'être limpide à 65 degrés et à 75 il se coagule en une masse perlée ; on obtient par l'évaporation complète une masse fendillée et demi-transparente ; on la réduit en poudre, puis on la traite successivement par l'eau bouillante, par l'alcool et par l'éther. Le résidu insoluble est l'albumine du sang à l'état de coagulation.

2°. On peut encore traiter le serum par un excès d'alcool qui coagule l'albumine ; celle-ci se précipite sous forme de flocons que l'on épuise ensuite par l'alcool et par l'eau.

L'albumine ainsi extraite du sang ressemble beaucoup à la fibrine, comme celle-ci, elle est blanche, insipide, inodore, plus pesante que l'eau sans réactions acide ou alcaline sur les couleurs d'essai donnant par la distillation un charbon volumineux difficile à insérer et dont les cendres contiennent beaucoup de phosphates et des traces de fer presque insensibles.

L'albumine du sang peut être étudiée à l'état de coagulum insoluble, ou à l'état de dissolution.

Dans le premier état, ses propriétés chimiques sont si complètement identiques avec celles de la fibrine, qu'on doit être très-embarrassé de distinguer ces deux substances ; elles se comportent exactement de même avec tous les réactifs ci-dessus indiqués. La seule manière de les distinguer est peut-être de les mettre en contact avec l'eau oxigénée, l'albumine n'en dégagera pas d'oxigène, ainsi que le fait la fibrine.



**ALBUMINE LIQUIDE.** L'albumine existe dans le serum à l'état de dissolution, combinée probablement avec la soude. Cependant on peut saturer exactement le serum avec de l'acide acétique sans que l'albumine se précipite.

Si dans la dissolution naturelle d'albumine ou le serum, on fait passer un courant électrique, l'albumine se coagule au pôle positif; Brande recommande ce caractère pour déceler de petites quantités d'albumine dans les fluides animaux. Si le courant électrique devient plus puissant, l'albumine se coagule à la fois sur les deux fils.

Dans le premier cas, la présence de l'acide hydrochlorique provenant de sel marin décomposé explique sa coagulation. Dans le second, Gmêlin suppose que la coagulation aux deux pôles résulte de la chaleur développée, tandis que Prévost et Dumas, s'appuyant seulement sur l'aspect muqueux de la substance qui se rassemble au conducteur négatif et sur ce qu'un excès de soude épaissit beaucoup l'albumine; pensent qu'il se forme une combinaison d'albumine avec une proportion de soude plus considérable, et que ce composé n'est autre chose que le mucus animal.

L'albumine liquide peut être desséchée par évaporation spontanée sans perdre la propriété de se redissoudre dans l'eau. Mais si la température est élevée jusqu'à 75°; celle du sang se prend en coagulum blanchâtre insoluble. L'alcool produit le même phénomène. Le serum étendu de 15 à 20 fois son volume d'eau devient seulement opalin; mais l'albumine qu'on en obtient par évaporation spontanée, ne peut plus se dissoudre dans l'eau.

Le chlore, l'iode, le tannin, les acides puissans, surtout l'acide nitrique, précipitent l'albumine liquide.

Presque toutes les dissolutions de sels métalliques des quatre dernières sections la troublent aussi. Ces précipités, de couleur variable et en général floconneux, paraissent formés d'albumine unie, soit à l'oxide soit au sel. La plus intéressante de ces combinaisons est celle qui se produit entre l'albumine et le sublimé corrosif. Elle a été indiquée par Orfila qui a proposé l'albuminie, comme le meilleur antidote de ce poison; aussi l'a-t-il administrée avec succès contre un empoisonnement par la



liqueur de van Lwiéten. La majeure partie des sels mercuriels seraient de même précipités; le cyanure fait exception.

Le serum peut dissoudre un certain nombre d'oxides métalliques, par exemple, le sesquioxide de fer qui le colore en jaune, le protoxide qui le colore en vert-bleuâtre, l'oxide de cuivre en vert clair; les deux oxides de mercure n'altèrent pas sa couleur. C'est sans doute sous cette forme que l'oxide de mercure peut se retrouver dans les fluides animaux après un traitement mercuriel.

#### § IV. — *Matières grasses du sang.*

Vauquelin, en 1816, publia l'expérience suivante :

Si sur l'albumine de bœuf, on verse deux parties d'alcool froid, et qu'après avoir filtré la liqueur et égoutté le coagulum, on le fait bouillir avec 7 ou 8 parties de nouvel alcool; celui-ci se colore en beau jaune de citron; enfin si l'on réitère trois ou quatre fois la même opération, l'alcool cesse de se colorer, et l'albumine devient blanche.

L'alcool, évaporé dans une cornue, laisse une huile grasse, d'une couleur jaune, d'une saveur douce et d'une consistance molle.

Marcet, dans son analyse du sang, avait annoncé l'existence d'un principe muco-extractif.

Berzélius, dans la sienne, trouva que le serum contenait du lactate de soude et une assez grande quantité de matières animales, solubles dans l'alcool. En traitant la fibrine par l'alcool ou l'éther, il obtint une matière qu'il crut avoir été produite par l'action des menstrues.

Chevreul montra que cette graisse était réellement contenue dans la fibrine, il parvint à l'isoler complètement. Il la trouva solide, incolore, cristalline, tachant le papier comme une huile, sans action sur les couleurs végétales.

Elle laisse après sa décomposition par le feu un charbon qui contient de l'acide phosphorique libre. L'alcool et l'éther la dissolvent, la potasse ne la saponifie pas; c'est la cérébrine analogue à la matière grasse phosphorée que Jordan, John et Vauquelin ont trouvée dans le cerveau.

Berzélius annonça depuis avoir extrait de la fibrine, par le même



procédé, une matière grasse, jaunâtre, cristalline soluble dans l'alcool, même froid, ne laissant pas de charbon acide, mais bien une cendre alcaline. Ce principe, en un mot, lui a paru assez semblable aux sels que les acides stéarique et margarique forment avec la potasse.

Enfin les dernières analyses de Lecanue et de Boudet permettent de mieux classer les matières grasses qui paraissent faire une partie essentielle du sang : examinons le travail de ces deux chimistes.

Le Canu traite le sang humain, par un grand excès d'alcool à 33° ; il sépare ainsi d'abondans flocons d'albumine, de fibrine, et d'hématosine qu'il exprime et qu'il épuise par l'alcool bouillant. Il évapore le liquide alcoolique et en retire un extrait huileux d'un brun jaunâtre.

L'éther sulfurique dissout une portion de cet extrait en laissant un premier résidu.

La solution étherée fournit un second extrait de consistance de térébenthine composé évidemment de deux matières distinctes, l'une solide et nacrée, l'autre liquide et huileuse.

L'alcool froid, en dissolvant la matière huileuse, laisse la partie solide assez pure ; celle-ci n'a plus besoin que d'être redissoute dans l'alcool bouillant pour être obtenue par le refroidissement sous forme de lames parfaitement blanches et nacrées. Cette substance paraît identique avec la cérébrine de Chevreul.

#### *Cérébrine ou matière grasse cristallisable.*

PROPRIÉTÉS. — Elle est d'un blanc mat sans odeur, sans saveur, d'un aspect gras, mais qui n'est pas le même que celui de la cholestérine, insoluble dans l'alcool froid, très-soluble au contraire dans l'alcool bouillant et dans l'éther, sans action sur les réactifs colorés, insoluble et inaltérable dans la solution de potasse même bouillante, fusible vers 150° centigrades et fournissant par sa décomposition par le feu des produits ammoniacaux et un résidu riche en acide phosphorique.

— *Matière huileuse.* En évaporant la liqueur alcoolique provenant du lavage froid de la cérébrine, Le Canu obtint un résidu de saveur âcre, d'odeur fade et de consistance térébenthineuse.



Cette matière huileuse était insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther et l'alcool, *ne rougissait nullement le papier bleu de tournesol*, donnait avec l'eau de potasse une solution d'où l'acide hydro chlorique séparait des flocons blancs qui, fondus en une huile jaune et convenablement lavés, avaient acquis la propriété de rougir le tournesol.

Le canu en conclut que cette matière est un principe immédiat du sang, que le traitement par la potasse qu'il lui avait fait subir avait converti en acide gras. — Mais en observant que cette matière n'a pu rester en contact avec la soude contenue dans le serum sans se saponifier. N'est-il pas plus probable que ce principe huileux est un savon à base de soude analogue à celui que Berzélius avait déjà cru reconnaître.

C'est ce que les dernières observations de Félix Boudet tendant à prouver.

— Ce chimiste a opéré son analyse sur des proportions de serum beaucoup plus considérables.

Après l'avoir desséché, épuisé par l'eau bouillante et desséché de nouveau, il appliqua l'alcool bouillant.

#### *Séroline.*

Ce liquide, par le refroidissement, lui donna un précipité floconneux et nacré, fusible à 36 degrés, presque insoluble dans l'alcool. C'est une substance encore mal connue qu'il propose d'appeler séroline.

L'extrait alcoolique traité par l'alcool froid lui a donné pour résidu la cérébrine de chevrenil, et l'alcool de lavage contenait la matière huileuse de Lecanu.

#### *Cholestérine.*

Cette seconde dissolution alcoolique a laissé déposer peu à peu des petites plaques cristallines d'un aspect semblable à la cholestérine. Cette matière était fusible à 136 degrés, et comparée à la cholestérine des calculs biliaires, elle a paru lui être tout-à-fait semblable.

Revenons au produit analogue à l'huile de Lecanu : il était mou,



d'une saveur âcre et savonneuse, se dissolvait sensiblement dans l'eau chaude qu'il rendait mousseuse et ramenait au bleu la couleur de tournesol rougi.

*Matière savonneuse.*

Cette matière dissoute dans l'eau chaude et traitée par l'acide hydrochlorique offrit une matière grasse qui parut un mélange semblable à celui des acides margarique et oléique. Bondet en conclut que le sang contient évidemment une matière savonneuse.

Il paraît encore exister dans le sang une matière organique, tantôt comparée à du lactate de soude, et tantôt à de l'osmazôme, mais qui pourrait bien offrir par suite une série de substances diverses en quantités presque insensibles.

§ V. GAZ. — *Acide carbonique.* — *Oxygène.*

Humphry Davy a rapporté que 12 onces de sang de veau chauffées par lui pendant une heure à 93° exhalaient 1,8 pouce cube de gaz dont 1,1 acide carbonique et 0,7 d'oxygène.

Brande et Hewson ont annoncé que le sang artériel et le sang veineux renferment par chaque once de sang un pouce cube  $\frac{1}{2}$  de gaz carbonique.

John Davy trouva d'une autre part que du sang récemment tiré de la veine ne donne aucune trace d'acide carbonique, soit dans le vide, soit quand on le chauffe dans un appareil distillatoire, mais qu'au contraire il peut en absorber le quart de son volume.

Vogel, en recueillant du sang sous une cloche pleine de mercure et d'une certaine quantité d'eau de chaux, vit se former dans le haut du vase des torrens de carbonate de chaux.

M. Collard de Martigny adopte le même résultat. Nous admettons donc, nonobstant l'opinion de Berzélius, que l'acide carbonique existe en assez grande proportion dans le sang, qu'il se trouve dissous non seulement à la faveur de l'eau, mais souvent aussi à l'aide de l'alcali, qui peut dans certains cas le retenir à l'état de bi-carbonate, sans pour



cela que l'albumine soit précipité, car on peut même saturer le serum avec de l'acide acétique sans produire ce phénomène.

La présence de l'oxygène à l'état de gaz dissous dans le sang est beaucoup plus problématique, cependant elle n'est pas impossible.

#### § VI. — *Principes odorans.*

On sait depuis long-temps que le sang frais, surtout l'artériel, dégage une odeur fade et nauséabonde qu'il est souvent si difficile de supporter en pratiquant les grandes opérations chirurgicales. Barruel qui a fait sur l'existence et le développement de ce principe aromatique des recherches importantes pour la médecine légale, nous a appris en 1829, que lorsque l'on traitait par un léger excès d'acide sulfurique concentré quelques gouttes de sang frais ou desséché, il se dégageait une odeur vive et pénétrante, variable avec l'espèce, et jusqu'à un certain point le sexe de l'animal qui avait fourni le sang.

Il établit que ce principe très-volatil a une odeur semblable à celle de l'exhalation cutanée ou pulmonaire de l'animal.

Qu'il est à l'état de combinaison dans le sang, et que l'acide sulfurique concentré ne lui donne pas naissance, mais le dégage.

Matteucci, en 1833, chercha à isoler ce principe. Il distilla dans une cornue avec de l'acide sulfurique du serum de chèvre évaporé.

Le liquide recueilli très-odorant, acide, précipitait avec les sels de baryte et d'argent, perdait à la fois son odeur et son acidité avec le carbonate de potasse.

Matteucci croit ce liquide formé d'acide lactique mêlé d'un acide gras volatil analogue à l'acide caproïque.

Mais est-il bien certain que ce principe n'est pas le produit de la réaction de l'acide sulfurique concentré sur quelque principe du sang? Barruel dans une expérience récente, en traitant par un courant d'acide carbonique de la glycérine provenant de graisse de bœuf, a dégagé une très-grande quantité d'un principe volatil tout-à-fait semblable à celui du sang de cet animal.

L'examen de ce principe qui n'a pas été suffisamment isolé n'est



donc pas encore complet, c'est au chimiste qui l'a fait connaître qu'il appartient de combler cette lacune.

#### § VII. — Sels du sang.

Il existe encore dans le sang un assez grand nombre de substances salines ; les unes, à base de potasse et surtout de soude, sont sans doute formées d'acides organiques que l'incinération détruit ; la peroxyde de fer et plusieurs phosphates terreux paraissent s'y trouver toujours nécessairement.

#### § VIII. — Soufre.

Il est de toute évidence que le sang contient du soufre en proportion, même considérable, Vauquelin dans l'examen d'un sang de bœuf, soumis à la putréfaction pendant cinq ans, trouva à la partie supérieure du vase un cercle jaunâtre uniquement formé de cette substance ; la quantité s'en élevait à environ deux grammes sur un litre de sang, c'est-à-dire à 0,002. Tout porte à croire qu'il provenait de la décomposition de l'albumine et peut-être de la fibrine. Aussi doit-on être étonné de voir qu'aucune analyse élémentaire de ces substances ne fassent mention du soufre qui, presque inévitablement, doit s'y rencontrer. C'est ce que l'on peut voir dans le tableau suivant :

*Analyse élémentaire des principes immédiats du sang.*

ELEMENS SIMPLES.	FIBRINE.			ALBUMINE.			HOEMATOSINE.	
	G. LUSSAC et THÉNARD.		MICHAELIS.	G. LUSSAC et THÉNARD.		MICHAELIS.		
		artérielle	veineuse.		artérielle	veineuse.	artérielle	veineuse.
Azote.	19,934	17,587	17,267	15,705	15,705	15,505	17,253	17,392
Carbone.	53,350	51,374	50,440	52,883	53,009	52,650	51,382	53,231
Hydrogène.	7,021	7,254	7,540	7,540	6,993	7,359	8,354	7,711
Oxygène.	19,985	23,785	23,872	23,872	24,436	24,484	23,011	21,666
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000



Il faudrait en outre calculer quel est le nombre équivalent de ces diverses substances, lorsqu'elles sont engagées dans des combinaisons définies, afin d'en déduire des formules de composition et de débrouiller le chaos de ces diverses analyses.

§ IX. — *Principes accidentels ou existant en quantités minimes.*

Prévost et Dumas ont trouvé l'urée dans le sang des animaux, mais ce n'est qu'après leur avoir extirpé les reins. Ils en ont conclu que cette substance retenue dans le sang s'y était accumulée.

Orfila, Clarion, Lassaigne, Lecanu et même tous les médecins ont trouvé le principe jaune de la bile dans le sang des ictériques. Chevreul y reconnaît alors deux principes, l'un jaune-orangé et l'autre bleu.

§ X. — *Proportions des principaux éléments du sang.*

On doit à Prévost Dumas un travail sur le rapport des globules de l'albumine et de l'eau dans le sang d'un certain nombre d'animaux; c'est ce qu'on peut voir dans ce tableau :

ANIMAUX.	Globules du sang.	Albumine.	Eau.	ANIMAUX.	Globules.	Albumine.	Eau.
Homme. . . . .	12,92	8,69	78,39	Corbeau . . . . .	14,66	5,64	79,70
Singe. . . . .	14,61	7,79	77,60	Héron. . . . .	13,26	5,92	80,82
Chien. . . . .	12,38	6,55	81,07	Canard. . . . .	15,01	8,47	76,52
Chat . . . . .	12,04	8,43	79,53	Poule. . . . .	15,71	6,30	77,99
Cheval . . . . .	9,20	8,93	81,83	Pigeon. . . . .	15,57	4,69	79,74
Veau. . . . .	9,12	8,28	82,60	Truite . . . . .	6,38	7,25	86,37
Brebis . . . . .	9,35	7,72	82,93	Lotte. . . . .	4,81	6,57	88,62
Chèvre . . . . .	10,20	8,34	81,46	Anguille . . . . .	6,00	9,40	84,60
Lapins . . . . .	9,38	6,83	83,79	Tortue . . . . .	15,06	8,06	76,88
Cochon d'Inde..	12,80	8,72	78,48				



Lecanu a obtenu les résultats suivans en comparant dans l'homme .  
tempéramment, l'âge et le sexe.

1,000 PARTIES DE SANG CONTIENNENT						
EXPÉRIENCES.	Eau.	Albumine.	Sels solubles et extractifs.	Globules.	Age de l'individu.	Tempérament.
Hommes.	1 <sup>re</sup>	790,840	71,180	7,990	129,990	53 lymphatique.
	2	827,130	69,100	11,100	92,670	38 idem.
	3	801,918	69,159	9,313	129,610	34 idem.
	4	796,175	73,065	9,040	121,720	25 sanguin.
	5	792,561	69,082	8,703	129,654	60 idem.
	6	792,897	70,210	9,163	127,730	58 idem.
	7	853,135	68,756	9,760	68,349	22 »
	8	790,394	72,796	11,220	125,590	58 sanguin.
	9	799,432	74,740	10,509	115,319	54 lymphatique.
	10	799,230	69,125	12,645	119,000	36 idem.
Femmes.	1	780,210	71,970	14,000	133,820	45 sanguin.
	2	790,900	71,560	8,870	128,670	26 sec et nerveux.
	3	782,271	66,090	10,349	141,290	36 lymphatique.
	4	783,890	57,890	9,770	148,450	40 sanguin.
	5	805,263	65,133	12,120	117,484	50 lymphatique.
	6	801,871	65,389	11,100	121,640	62 sanguin.
	7	785,881	64,790	10,200	139,129	32 bilieux.
	8	778,625	62,949	11,541	146,885	26 sanguin.
	9	788,823	71,061	8,928	131,688	32 idem.
	10	795,870	78,270	10,010	115,850	34 lymphatique.
Moyenne des dix prem.	804,37	69,72	9,94	115,96		
Moyenne des dix dern.	789,32	67,50	10,68	132,49		

Les diverses analyses se trouvent résumées dans le tableau suivant ,  
v. page 26.



Sur les analyses du sang que nous devons à différents chimistes et qui sont rapportés dans le tableau suivant.

Résumé des diverses analyses du sang.

SUBSTANCES.	BERZÉLIUS	MARCT.	LECANU.
Eau. . . . .	905	900	901
Albumine . . . . .	80	86,80	81,20
Albumine combinée à la soude. . . . .	"	"	2,55
Cérébrine . . . . .	"	"	2,10
Matière grasse . . . . .	"	"	1,30
Matières organiques solubles dans l'alcool. . . . .	4	4,00	2,05
Chlorure de sodium et potasse. . . . .	6	6,60	5,32
Carbonate, phosphate et sulfate alcalins . . . . .	4	2,00	2,00
Sous-carbonate de chaux, de magnésie ; phosphate de chaux, de magnésie, de fer. . . . .	"	0,60	0,87
Perte. . . . .	"	"	1,61
	999	1000,00	1000,00

On peut donc en définitive regarder les substances suivantes comme entrant dans la composition du sang.

1. Eau.
2. Fibrine.
3. Albumine.
4. Globuline.
5. Cérébrine.
6. Séroline.
7. Cholestérine.
8. Matière savonneuse.
9. Soufre.
10. Gaz carbonique.
11. Gaz oxygène.
12. Principe color. acide.
13. Lactate de soude, osmazôme ou matière animale indéterminée.
14. Chlorures, phosphates sulfates.
15. Urée.



Sur les analyses du sang que nous devons à différents chimistes et qui sont rapportées dans le tableau suivant.

## DU SANG

LECAZU.	MARCE.	BERZELIUS.	CONSIDÉRÉ
100	100	100	Sous le rapport physiologique.
81,20	80,80	80	Albumine.
2,25	"	"	Albumine combinée à la soude.
2,10	"	"	Cébrine.
1,30	"	"	Matière grasse.
2,02	4,00	4	Matières organiques solubles dans l'alcool.
2,25	0,00	0	Chlorure de sodium et potasse.
2,00	2,00	2	Carbonate, phosphate et sulfate alcalins.
0,87	0,60	"	Sous-carbonate de chaux, de magnésie, phosphate de chaux, de magnésie, de fer.
1,01	"	"	Le fer.
100,00	100,00	100	

Les fonctions que le sang est chargé d'entretenir ne paraissent pas s'effectuer dans les vaisseaux de l'appareil circulatoire qui offrent à l'œil un calibre sensible; ceux-ci ne paraissent être que des organes de transport. Mais dans les deux systèmes capillaires, général et pulmonaire, il en est tout autrement, c'est là que le sang ralenti dans sa marche, divisé en filets microscopiques, subissant une stase favorable, se prête à l'influence variée des organes qui, par une action physique chimique, vitale, le modifient d'une manière physiologique qui leur est propre. Le système capillaire général paraît être le théâtre des nutriments et des sécrétions; le système capillaire pulmonaire est celui de l'hématose; dans l'un et l'autre, sans doute, il se passe des phénomènes de calorification.

Passons en revue ces diverses fonctions.

**HOEMATOSE.** On donne ce nom aux modifications que le sang veineux subit dans le poumon et par lesquelles il est converti en sang artériel.

Ces modifications peuvent se rapporter aux changemens de composition éprouvés par l'air, et à ceux éprouvés par le sang.



Changemens éprouvés par l'air :

Disparition d'oxygène, production d'acide carbonique. Lavoisier et Sérum ont trouvé les premiers que dans l'air expiré, une quantité d'oxygène avait disparu et se trouvait remplacée par de l'acide carbonique.

La proportion de ce gaz acide existant dans l'air expiré a été trouvée par Davy de 3,95 à 4,5 pour cent, par Berthollet 5,5 à 13,8, par Allen et Pepys de 8 à 8,5; par Menzies 5, par Murray, Fyfe 8,5, Jurine 10.

Ce résultat est d'ailleurs variable avec les individus, l'état de santé, l'heure du jour, et mille circonstances. Mais la quantité de 10 pour cent n'est jamais dépassée, même quand l'air est plusieurs fois de suite inspiré et expiré.

La quantité d'oxygène ainsi usé en vingt-quatre heures par un homme de moyenne taille, a été trouvée de 51,480 pouces cubes par Menzies, 45,480 par Davy, 46,067 par Lavoisier, 39,660 par Allen et Pepys.

Mais la quantité d'acide carbonique expirée est-elle parfaitement égale en volume à l'oxygène disparu; en un mot, tout l'oxygène forme-t-il de l'acide carbonique sans excès ni défaut?

Allen et Pepys ont trouvé une perte d'oxygène insignifiante.

Dulong, dans des expériences minutieuses pratiquées sur des animaux carnivores et herbivores, a trouvé que la quantité d'oxygène absorbé était constamment supérieure à celle nécessaire pour former l'acide carbonique expirée. Despretz trouve le même résultat.

Il faut donc en conclure qu'il y a une portion d'oxygène absorbé par le sang, ou employé à se combiner avec l'hydrogène de ce fluide.

#### *Production d'Azote,*

Indépendamment des expériences tentées avec des atmosphères artificielles privées d'azote, et qui se chargent constamment d'une certaine proportion de ce gaz qui était sans doute resté emprisonné dans les cellules pulmonaires, ou qui, à l'état d'air, se trouvait dissous dans le serum; les mêmes observateurs que je viens de citer en ont fait d'autres qui paraissent établir qu'il y a réellement une certaine quantité



d'azote expiré; soit que ce gaz provienne d'une portion de sang privé de carbone et d'hydrogène, soit que l'exhalation pulmonaire, tout aussi bien que la sécrétion urinaire, soit un des moyens que la nature emploie pour se débarrasser de l'excès d'azote.

*Eau.* — L'exhalation pulmonaire dégage une très-grande quantité d'eau provenant bien plutôt sans doute de l'humidité du serum, que de l'hydrogène qui pourrait s'être combiné à l'oxygène; les gaz expirés sont saturés de l'eau qu'ils peuvent retenir à la température du corps. Lavoisier et Séguin l'ont trouvée de 13,704 grammes, en poids.

Il n'y a pas de doute non plus qu'une certaine quantité de matière animale volatile, ou entraînée, n'existe dans l'exhalation pulmonaire.

#### *Changemens opérés dans le sang.*

A peine le sang veineux a-t-il éprouvé le contact de l'oxygène de l'air dans les poumons, qu'il devient à l'instant rouge vermeil. Ce phénomène est instantané; il se produit même artificiellement sur du sang retiré de la veine et battu dans du gaz oxygène. Une vessie à parois minces, remplie de sang veineux et suspendue dans du gaz oxygène, rougit sur toute sa surface.

Avec quelle facilité ne pense-t-on pas alors que ce phénomène doive s'opérer dans le poumon, où le sang divisé à l'infini est mis en contact presque moléculaire avec l'air qui a pénétré dans les cellules pulmonaires. On connaît l'expérience qui consiste à ouvrir la carotide d'un chien, et à adapter un robinet à sa trachée artère; le sang coule rouge ou noir, selon que l'on permet à la respiration de se faire ou qu'on l'interrompt.

Ce changement porte évidemment sur l'hœmatosine; on ne peut plus croire que ce soit le phosphate de fer-blanc dans le chyle, qui rougisse dans le sang par son oxygénation; mais on n'a pas encore saisi les différences de l'hœmatosine, de la fibrine ou de l'albumine artérielle; les analyses de Michaëlis ne prouvent rien à cet égard, et l'analyse élémentaire comparée du sang artériel et du sang veineux desséchés, en démontrant



dans le sang artériel plus d'oxygène et moins de carbone, n'apprennent que ce qu'on sait déjà. Ne doit-on pas espérer rencontrer dans ces deux sortes de sang des composés définis distincts dont l'analyse élémentaire offrirait alors des différences intéressantes?

*Acide carbonique.*

Nous avons vu dans la partie chimique, que le sang paraît évidemment imprégné d'acide carbonique, quelques-uns même y ont trouvé de l'oxygène gazeux. Malgré l'instantanéité du phénomène de coloration qui se passe dans le poumon, ne pourrait-on pas croire que la combinaison n'est que partielle, qu'une portion d'oxygène est réellement dissoute dans l'eau du sérum, charriée dans les organes, et que soit successivement, soit dans le parenchyme des organes, la production d'acide carbonique se complète, et que le sang artériel qui part du poumon chargé d'oxygène, y revient à l'état veineux et chargé d'acide carbonique, en offrant dans tout son trajet des mélanges variables de ces deux gaz; le peu d'accord que l'on trouve entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique expiré pourrait appuyer cette idée.

L'influence nerveuse est-elle nécessaire à l'acte de l'hématose. Dupuytren, Provençal, Magendie, Legallois, en pratiquant la section de la huitième paire, ont vu l'hématose s'arrêter ou se ralentir; Blainville et Brodie n'admettent pas ce résultat; mais tout en l'adoptant, ne peut-on pas le rapporter à la perversion que le poumon éprouve dans l'action mécanique de quelques-unes de ses parties, de ses cellules, par exemple, autant qu'au défaut d'action chimique du sang sur l'air régulièrement mis en contact avec lui.

#### *Calorifications.*

La chaleur animale se maintient toujours à peu près la même dans le sang des individus de même espèce, au milieu de toutes les causes de refroidissement auxquelles ils sont soumis. Cette chaleur se renouvelle donc incessamment.



Lavoisier attribua au phénomène de l'hématose la production constante de la chaleur animale; selon lui, la combustion du carbone du sang se faisant dans le poumon comme dans un foyer, le calorique produit circulait avec le sang dans toutes les parties du corps.

Cranford prétendit même que la capacité pour le calorique, plus grande dans le sang veineux, aidait encore à cette distribution du calorique.

Mais tout en reconnaissant cette source réelle de chaleur, si l'on fait attention que l'hématose n'est pas le seul phénomène de composition ou de décomposition dont l'organisme est le théâtre, et que l'on puisse comparer à des phénomènes chimiques, si l'on se rappelle que les phénomènes de ce genre ont lieu en général avec un dégagement sensible de calorique, si l'on fait attention en outre qu'un dégagement de chaleur accompagne constamment le développement ou la circulation des fluides électriques; et que, bien que la nature de l'agent qui préside à l'innervation ne soit pas positivement connue, il est au moins très-analogue à des fluides; il deviendra presque évident que partout où il se passe des phénomènes de nutrition, de sécrétion, d'innervation, il doit se produire de la chaleur. En effet, le sang dégage presque autant de calorique dans le parenchyme des organes que dans le parenchyme pulmonaire, et pour ce qui est de l'innervation, Brodie a fait voir que lorsque l'on coupe la tête à un animal, on peut bien encore entretenir chez lui une respiration artificielle, au moyen de laquelle le sang veineux continue à s'artérialiser; mais comme il ne se passe plus rien dans le système capillaire général, et qu'il n'y a plus d'innervation, la température baisse rapidement. N'est-ce pas là une preuve de l'insuffisance de la chaleur produite par l'hématose pour entretenir la température du sang.

#### *Sécrétions.*

Le sang est la source qui fournit tous les matériaux de nos sécrétions; des organes particuliers dans lesquels les artères vont se ramifier en capillaires qui affectent des formes variables et spéciales, sont les moyens



et les voies de cette fonction, à l'accomplissement de laquelle la présence du sang est indispensable.

On a fait beaucoup d'efforts pour constater que le sang contenait en lui-même les matériaux tous formés de presque tous les produits sécrétés. On a presque réussi à le démontrer.

Cependant cette proposition ne peut pas être admise d'une manière absolue; car, si le sang est le véhicule des matériaux qui servent à la composition des organes, il est aussi celui qui rapporte les produits de leur décomposition, et la cholestérine, par exemple, qui existe dans le sang, peut tout aussi bien avoir été reprise dans la bile ou dans le cerveau que préparée pour la nutrition de ces organes.

D'ailleurs, comme il est nécessaire que ces principes immédiats soient élaborés quelque part, il n'est pas plus difficile de concevoir leur préparation au contact des organes sécréteurs que partout ailleurs. On doit reconnaître cependant que la majeure partie des principes immédiats des sécrétions existent dans le sang, et que quelques autres y ressemblent tellement qu'il sera peut-être bientôt possible à la chimie de les faire dériver les uns des autres au moyen de modifications fort légères.

### *Nutrition.*

Il nous reste à parler d'une fonction qui résume toutes les autres, en quelque sorte: la nutrition des organes au moyen du sang.

C'est cette fonction dont la connaissance donnerait la clef du phénomène général et incompréhensible de la vie.

On peut la diviser en deux parties: la décomposition et la composition des organes. Cette double action paraît se passer dans le parenchyme même au moyen des vaisseaux et sous l'influence des nerfs; l'absorption interstitielle qui se fait par les veines et les lymphatiques rapporte sans cesse dans le torrent circulaire les débris des organes, pendant que les artères viennent déposer la fibrine dans le muscle, le phosphate calcaire dans les os, etc.

Ces deux actions ont entre elles une relation définie et les organes se détruisent et se reforment sans cesse.



M. Donné nous a fait connaître qu'il existe des courans galvaniques dans les corps organisés ; que les pôles d'un galvanomètre mis en contact avec la muqueuse interne et avec la peau, avec l'estomac et le foie, indiquaient des états électriques opposés. En outre le galvanisme a paru remplacer l'innervation dans quelques circonstances, et les analogies s'accordent pour identifier ces deux agens. S'il en était ainsi, et en observant que le grand sympathique enlace les artères de ses ramifications et pénètre avec elles dans le parenchyme des organes, on devrait en conclure que les phénomènes de nutrition se passent sous l'influence de courans galvaniques incessamment en action. Dès-lors il n'y a plus qu'un pas à faire pour comparer les phénomènes de composition et de décomposition de l'organisme à ces phénomènes chimiques lents qui s'accomplissent dans la nature sous l'influence du magnétisme terrestre, et à ceux tout aussi remarquables que M. Becquerel a produits au moyen de faibles tensions électriques. Dans ces deux cas on rencontre des composés excessivement complexes formés d'un grand nombre d'élémens, analogues peut-être aux principes animaux formés de 4, 5 et même 6 élémens. C'est peut-être sous l'influence de ces faibles forces, incessamment entretenues, que l'on peut concevoir que le phosphore, le soufre, le fer, s'isolent pour entrer comme élément dans les composés animaux.