La force aspiratrice par laquelle la poitrine attire l'air dans les voies aériennes paraît, en même temps, exercer une influence sur la perspiration pulmonaire. Breschet et Milne Edwards ont supprimé cette force aspiratrice en ouvrant la poitrine d'animaux vivants auxquels ils établissaient la respiration artificielle; ils ont vu alors que les substances volatiles ne parvenaient plus dans la perspiration pulmonaire ou qu'elles n'y parvenaient pas d'une manière si prompte ni en aussi grande quantité.

§ II. — Action de la respiration sur le sang.

Les artères pulmonaires amènent au poumon du sang *veineux*, les veines pulmonaires ramènent au cœur du sang *artériel*. C'est dans les capillaires du poumon, par le contact de l'air, que cette transformation s'est opérée. Quelles sont les différences que ce conflit a établies entre les deux sangs? Qu'y a-t-il de plus ou de moins? En d'autres termes, quelles modifications la respiration amène dans le sang? C'est ce qui nous reste à examiner.

Le sang artériel diffère du sang veineux par sa couleur, son odeur, sa température, sa capacité pour le calorique, sa pesanteur spécifique, sa coagulation et la quantité du sérum. Il en diffère encore par sa composition chimique.

1° *Couleur dans les deux sangs.* — C'est là la différence la plus frappante. Le sang artériel est rutilant, écarlate, d'une teinte beaucoup moins foncée que celle du sang veineux. Cette différence est très tranchée dans les animaux à respiration aérienne et à double circulation. Le mélange des deux sangs chez les reptiles efface presque complétement cette différence. Dans les capillaires, les deux teintes se confondent; le sang qui y entre rouge en sort noir.

2° *Odeur et saveur des deux sangs.* — L'odeur du sang artériel est forte, et sa saveur plus prononcée que dans le sang veineux.

3° *Température des deux sangs.* — Nous avons déjà vu (*Chaleur animale*, p. 19) que le sang artériel avait une température plus élevée que celle du sang veineux. Suivant Davy, la différence serait de 1 degré à 1 degré 1/2 Fahr. C'est ce que confirment Krimer et Scudamore, Autenrieth, Mayer.

4° *Capacité pour le calorique.* — Davy affirme que la capacité calorique du sang artériel est à celle du sang veineux comme 10,11 : 10,10. Elle n'offre point la différence que Crawford admettait pour expliquer la formation de la chaleur.

5° *Pesanteur spécifique des deux sangs.* — Le sang artériel et le sang veineux ont à peu près la même pesanteur spécifique.

6° *Différences dans la coagulabilité des deux sangs.* — Berthold et Blundell attestent que le sang veineux se coagule avec plus de promptitude que le sang artériel. Schroeder van der Kolk (*De respirationis chymismo*, Trajecti ad Rhenum, 1836) vient appuyer cette opinion. D'après Blundell, il y aurait une différence de 2 minutes dans le sang de l'homme. La différence a été de 1 à 4 minutes chez des agneaux, selon J. Davy, et de 1/2 minute chez des veaux et des chèvres, d'après Berthold. La même différence a été trouvée par Saissy.

7° *Proportion des parties liquides aux solides dans les deux sangs.* — D'après Pallas, la proportion des parties solides aux liquides était dans le sang veineux humain comme 2,550 : 17,400; dans le sang pris dans les capillaires au moyen des ventouses, cette proportion était comme 3,000 : 17,400; et, enfin, dans du sang retiré au moyen des sangsues, c'était 3,000 : 17,35. Dans le sang veineux d'un autre homme, la proportion fut 2,550 : 18,800, et dans le sang des capillaires 2,650 : 18,100. Denis, Burdach et Autenrieth sont arrivés au même résultat.

Quelques personnes ont contesté que les solides fussent en plus grande quantité dans le sang artériel. Ainsi, Abilgaard et Lassaigne sont arrivés à ce résultat dans leurs expériences; mais ces auteurs se sont évidemment trompés.

8° *De la proportion des principes tant organiques qu'inorganiques dans les deux sangs.* — De l'aveu de presque tous les auteurs, il est clair que le rôle principal de la respiration c'est de former la fibrine du sang. Sigward cependant pense que le sang veineux contient une plus grande partie de ce principe que le sang artériel. Cette opinion fut embrassée ensuite par Lassaigne, qui, sur 1,000 parties de sang veineux du chien, trouva 2,10 de fibrine, tandis que dans le sang artériel il n'y en avait que 2,09. D'autres professent une opinion contraire. Ainsi, Mayor trouve une plus grande partie de fibrine dans le sang artériel du même animal que dans le sang veineux. Proust et Dumas, Denis, Berthold, Mueller, sont arrivés aux mêmes résultats sur des chiens, des chats et des chèvres.

Denis et Blainville (*Cours de physiologie générale et comparée*, 1829, p. 219) ont trouvé une plus grande quantité d'albumine dans le sang veineux. Ils contestent aussi que dans le même sang les sels et l'osmazôme prédominent; mais ils sont contredits par une foule d'auteurs.

Prevost, Dumas, Wedemeyer, Pallas, attribuent une moindre quantité de cruor au sang veineux qu'au sang artériel.

9° *Proportion des carbonates alcalins dans les deux sangs.* — Suivant Mitscherlich, Tiedemann et Gmelin, il y a plus de sous-carbonate alcalin dans le sang veineux que dans le sang artériel. 10,000 parties de sang veineux contiennent, disent-ils, 12,3 d'acide carbonique combiné; tandis que 10,000 parties de sang artériel ne contiennent que 8,3 au plus de cet acide. Nous ferons plus loin une application de cette donnée.

10° *De l'oxygène dans les deux sangs.* — L'oxygène est en plus grande quantité dans le sang artériel que dans le sang veineux; en

moyenne, il y a 2,41 à 3 centimètres cubes pour 100 dans le premier, et de 1 centimètre cube à 1,17 seulement pour le second; ce qui donne, à l'avantage du sang artériel, une différence de 1,25 pour 100 en moyenne.

Comme à chaque inspiration l'air du poumon perd 4 à 6 pour 100 de son oxygène, il est probable que le sang qui sort de cet organe, si l'on pouvait l'analyser, donnerait une moyenne beaucoup plus forte que la précédente. Cette moyenne n'est aussi faible que parce que le sang analysé a déjà perdu une partie de son oxygène par combinaison à d'autres principes.

Un litre d'eau dissout, à la température de 10 degrés 46 centimètres cubes d'oxygène; on voit, d'après ce qui précède, que le sang en peut dissoudre davantage. Les expériences directes de Magnus ont, en effet, montré qu'il peut en dissoudre de 100 à 120 centimètres cubes par litre, soit 10 à 12 pour 100, au lieu de 4 à 5 pour 100 que dissout l'eau; mais le sang tiré de la veine n'en renferme que 10 à 13 centimètres cubes par litre. Il faut de plus tenir compte de la température élevée du sang; car, à 37 degrés, l'eau n'en contiendrait pas 46 centimètres cubes par litre.

On sait qu'il y a 10 à 12 kilogrammes de sang dans le corps de l'homme. Les injections montrent que le système veineux a une capacité plus que double de celle du système artériel; mais les vivisections montrent que ce dernier est toujours plus exactement rempli par le sang que le premier. En sorte qu'en modifiant un résultat par l'autre, on arrive à reconnaître, par une approximation qui ne peut pas avoir beaucoup de précision, que la quantité du sang artériel est à celle du sang veineux comme 2 : 3. Ce qui donne 5 kilogrammes de sang artériel et 7,50 de sang veineux.

Comme un kilogr. de sang égale à peu près un litre (un peu moins), il en résulte qu'il y a environ 150 centimètres cubes d'oxygène dans le sang artériel, et 75 dans le sang veineux; en tout, 225 centimètres cubes et demi. Par suite, la quantité en poids de l'oxygène se trouve être de $2^{gr.},720$ pour le sang artériel, et $1^{gr.},360$ pour le sang veineux; en tout, $4^{gr.},080$. Ces quantités sont, du reste, variables suivant l'âge, le sexe et surtout suivant les espèces animales (Robin et Verdeil).

11° *De l'acide carbonique dans les deux sangs.* — D'après MM. Robin et Verdeil, l'acide carbonique contenu dans le sang occuperait à l'état gazeux un espace variant du tiers au cinquième de celui occupé par ce liquide.

D'après Magnus, il y en a plus dans le sang artériel que dans le sang veineux, dans la proportion de $6^{c.c.},49$ pour 100 dans le sang artériel, pour 5 centimètres cubes dans le sang veineux; c'est-à-dire, dans la proportion de $0^{gr.},99$, ou un cinquième en faveur du sang artériel : ce qui donne $0^{gr.},123$ pour 100 dans le sang artériel, et $0^{gr.},104$ pour 100 grammes dans le second.

En s'appuyant sur les résultats obtenus par Magnus et en admettant approximativement 5 litres de sang artériel et $7^{lit.},50$ de sang veineux, on trouve qu'il y a $6^{gr.},15$ de gaz carbonique dans le sang artériel et $7^{gr.},80$ dans le sang veineux; en tout, $13^{gr.},95$.

12° *De l'azote dans les deux sangs.* — D'après MM. Robin et Verdeil, l'azote forme en moyenne un peu plus du dixième des gaz contenus dans le sang; mais il peut aller jusqu'à en former le sixième aussi bien dans le sang veineux que dans le sang artériel. C'est ce qu'on peut facilement déduire des expériences de Magnus.

Chez le cheval, il y en a plus dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de $1^{c.c.},52$ pour 100 dans le sang veineux de cet animal, et de $1^{c.c.},32$ pour 100 dans le sang artériel. Chez le veau, il y en a, au contraire, moitié moins dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de $0^{c.c.},64$ pour 100 dans le premier, et $1^{c.c.},71$ pour 100 dans le second. On n'a pas encore recherché la quantité d'azote qui existe dans le sang de l'homme, en sorte qu'on ne peut pas dire quelle masse d'azote en poids et en volume il renferme.

Si nous résumons la comparaison des gaz des deux sangs, nous voyons qu'il y en a plus dans le sang artériel que dans le sang veineux, tant pour l'oxygène ou l'acide carbonique que pour l'azote, dont la quantité proportionnelle est de 1,51 pour le sang artériel, et 1,00 pour le sang veineux.

Tels sont, dit M. le professeur Bérard, les différents termes de parallèle entre le sang artériel et le sang veineux. Si les différences mentionnées vous paraissent peu considérables, si elles ne vous semblent point en rapport avec les propriétés si différentes des deux sangs, si elles vous laissent à désirer touchant l'explication de l'action vivifiante que le sang paraît avoir acquise après avoir traversé le poumon; si même, parfois, les expériences ont donné des résultats contradictoires, il faut attribuer cela à ce que le passage si rapide du sang au travers du poumon ne lui permet pas de subir des changements bien considérables dans sa composition chimique.

Mais ces changements, quelque légers qu'ils soient, acquièrent une importance extrême, parce qu'ils sont continus, incessants, parce qu'une ondée de sang au travers du poumon est suivie d'une nouvelle ondée de sang qui éprouve la même modification que celle qui l'a précédée. Ces petits effets, incessamment répétés, s'additionnent et contre-balancent les effets opposés qui se passent en même temps dans les capillaires généraux.

Mais ce programme du parallèle entre les deux sangs, tel que l'ont établi les auteurs jusqu'à ce jour, n'est certainement pas complet. L'action de l'oxygène sur les produits immédiats ternaires et quaternaires que le sang apporte au poumon détruit certains de ces principes, et engendre, aux dépens de quelques autres, de nouveaux produits. Par exemple, la veine cave inférieure apporte in-

cessamment au cœur du sucre qu'on ne trouve plus ou dont on ne trouve que des traces au delà du poumon dans le sang artériel.

Les changements que nous venons d'étudier s'opèrent-ils d'une manière instantanée ?

En ce qui concerne la couleur, il n'y a pas le moindre doute. Des expériences faites par Bichat, Lower et Goodwin, le prouvent d'une manière incontestable.

Bichat adapta un robinet à la trachée d'un mammifère, un robinet plus petit fut mis à la carotide. Les robinets étant ouverts et l'animal respirant par lui-même, le sang sort du vaisseau avec les qualités artérielles; puis le robinet de la trachée étant fermé, et la respiration interceptée, le sang, qui, pendant quelques secondes, a conservé sa teinte vermeille, devient noir et se fonce de plus en plus. Le robinet de la trachée est de nouveau ouvert, et l'on voit le sang de la carotide reprendre presque instantanément la teinte écarlate; il n'est sorti de sang noir que la petite quantité qui existait entre le poumon et le robinet de la carotide, au moment où l'on a admis l'air dans le poumon Lorsque le robinet de la trachée était fermé après une inspiration, le sang de la carotide brunissait après 30 secondes seulement, et il était complétement veineux après 60 secondes. La teinte brune se montrait plus tôt, lorsque le robinet était fermé après une expiration, et plus tôt encore, si l'on avait aspiré avec un soufflet une partie de l'air du poumon. Elle paraissait après une minute seulement, lorsque, avant de fermer le robinet, on avait poussé de l'air dans les poumons de manière à simuler une forte inspiration. Les expériences faites par Emmert confirment pleinement celles de Bichat.

Quant aux changements chimiques que nous avons constatés, pouvons-nous dire qu'ils sont soumis à la même loi d'instantanéité? Cela n'est pas probable. Il est plus vraisemblable que les combinaisons provenant de la réception de l'air dans le sang, commencées dans le poumon, se continuent en petite proportion dans les veines pulmonaires, dans les cavités gauches du cœur, dans les divisions de l'aorte, jusque dans les capillaires généraux où vont s'accomplir enfin sur une grande échelle les mutations pour lesquelles la respiration a été instituée.

SECTION V.

Théorie de la respiration.

Il s'agit maintenant de donner l'explication de tous les phénomènes que nous venons d'examiner. C'est en cela que consistera notre théorie de la respiration. Nous avons à rechercher : 1° D'où vient l'acide carbonique; 2° que devient l'oxygène; 3° quelle est la cause du changement de couleur du sang ?

1° *De l'origine de l'acide carbonique.*

« On connaît, disent MM. Robin et Verdeil, deux sources d'acide » carbonique dans l'organisme, deux ordres de condition pour la » formation de ce principe. La première est la décomposition dans » le poumon des carbonates et bicarbonates du sang par l'acide » pneumique; la deuxième est le dégagement d'acide carbonique par » la substance organisée. Il résulte des expériences de M. Cl. Ber- » nard que le lieu de l'économie où se forme le plus d'acide car- » bonique est le poumon. Les conditions de formation de ce gaz ne » sont pas celles de la combustion; c'est la présence des carbonates » et bicarbonates dans le sang d'une part, et de l'autre celle de » l'acide pneumique libre dans le tissu même, dans la substance du » parenchyme pulmonaire. Cet acide se trouve là en petite quan- » tité, mais il est par lui-même assez énergique; aussi le tissu du » poumon est-il acide. Il résulte, en outre, d'expériences présentées » par l'un de nous (M. Verdeil) à la Société de biologie, que le tissu » pulmonaire, au contact d'une dissolution de carbonate de soude, » décompose ce sel avec dégagement d'acide carbonique. » Ainsi nous pouvons dire aujourd'hui que la plus grande partie d'acide carbonique que nous rejetons chaque jour vient des carbonates décomposés peu à peu dans les nombreux capillaires du poumon, et ne se forme pas par combustion. Le reste de l'acide carbonique est dégagé par le parenchyme pulmonaire, qui a la propriété de le dégager comme toute partie organisée morte ou vivante.

2° *Que devient l'oxygène?*

MM. Robin et Verdeil (1) vont nous l'apprendre. Des bronches, disent-ils, l'oxygène passe dans le sang dont les globules le dissolvent. C'est de cette combinaison très faible, ou dissolution dans les globules, qu'on chasse l'oxygène par un courant d'un autre gaz, ou qu'on l'extrait en faisant le vide sur le sang. Cet oxygène dissous se combine dans le corps; on sait que sur 100 parties en poids, 74 sont remplacées au dehors par de l'acide carbonique. On ne sait pas encore ce que devient l'autre quart de l'oxygène, avec quels principes il se combine, à quels produits il donne lieu. On sait actuellement que la combinaison de l'oxygène avec le carbone n'a pas lieu dans le poumon seulement instantanément; que le poumon n'est pas un foyer de combustion, puisqu'on trouve de l'oxygène dans le sang de

(1) *Traité de chimie anatomique et physiologique, normale et pathologique*, 1853, t. II, p. 38.