

violente après avoir respiré un peu brusquement de l'acide cyanhydrique.

Lorsqu'on saigne un animal de façon à lui faire perdre tout ou presque tout son sang, il meurt dans des convulsions qui rappellent celles de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. Quelques différentes que soient dans leur nature les causes des phénomènes morbides que l'on observe dans les deux cas, on doit reconnaître entre leurs effets un certain rapport. Sous l'influence de l'oxyde de carbone, les globules sont en quelque sorte paralysés; ils deviennent alors comme s'ils n'existaient pas; les effets de leur destruction physiologique ne pourraient-ils pas être, avec quelque raison, rapprochés de ceux que produit leur sortie de l'organisme?

DOUZIÈME LEÇON.

23 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : Sous l'influence de l'oxyde de carbone, la séparation du sérum semble être plus parfaite. — Les globules ne sont pas altérés anatomiquement; leur conservation paraît être plus prolongée. — Analogies entre l'action de l'oxyde de carbone et celle de l'acide cyanhydrique. — L'oxyde de carbone est un poison qui agit sur le sang. — Effets consécutifs de son action. — Son influence sur les fermentations. — Sur la germination.

MESSIEURS,

Dans l'examen auquel nous nous sommes livrés sur les effets de l'intoxication par l'oxyde de carbone, nous nous sommes particulièrement arrêtés à une coloration rutilante particulière du sang, qui se rencontre constamment.

Dans ces deux tubes, on a recueilli le sang d'un chien en santé, et du sang de ce même chien pendant qu'il était soumis à des inhalations d'oxyde de carbone. On va vous les faire passer, et vous pourrez, indépendamment de la coloration que je vous ai signalée, constater encore que dans les deux sangs le caillot s'est parfaitement formé, avec une égale consistance. La coagulation a semblé même se faire plus vite pour le sang rendu rutilant par l'oxyde de carbone; la séparation en caillot et en sérum a été extrêmement prompte; elle présente, en outre, ici ce caractère remarquable

que, bien qu'on ait préalablement agité le sang contenu dans le tube, le sérum qui reste libre est parfaitement incolore. Vous savez que cela n'a pas lieu d'ordinaire dans le sang normal, et que le sérum dissout très-souvent une certaine quantité des principes colorants du sang. En comparant les deux tubes que vous avez sous les yeux, vous apprécierez comparativement, par les différences dans les deux cas, de quelle importance médico-légale pourraient être ces caractères faciles à bien constater s'ils étaient constants.

Si, poussant plus loin l'examen du sang sur lequel a agi l'oxyde de carbone, nous regardons les globules au microscope, nous leur trouverons exactement la même physionomie que dans le sang sain. Vous savez que normalement les globules s'altèrent au bout de très-peu de temps; qu'ils sont alors déformés, déchiquetés sur les bords; que cette altération qui, pouvant se constater dans quelques cas sur du sang pris dans la veine, a même été proposée comme un bon signe capable de faire prédire la mort. Les choses ont paru ici se passer différemment quand le sang a été soumis à l'action de l'oxyde de carbone. Les globules alors paraissent se déformer plus difficilement et se conserver pendant un temps que nous n'avons pas déterminé expérimentalement, mais qui est certainement fort long. Car dans un cas où l'animal avait fait de fortes inspirations d'oxyde de carbone et où le sang était très-rutilant, cette coloration était encore conservée au bout de quinze jours. Lorsque les quantités de gaz respiré sont faibles, cette coloration ruti-

lante ne persiste pas aussi longtemps, et le sang peut redevenir noir. L'agitation du sang et sa conservation dans une atmosphère d'oxyde de carbone pourraient peut-être fournir aux anatomistes un bon moyen de garder, pour l'observation, des globules sanguins.

Sous l'influence de l'agent que nous étudions, la forme des globules paraît donc subsister plus longtemps intacte; ce qu'il y a de changé, ce n'est pas la forme des globules, ce sont leurs propriétés chimiques qui président à l'échange des gaz. Le sang conserve, du reste, toutes ses apparences; mais il est mort en réalité.

Et ici, Messieurs, je dois appeler votre attention sur une vue générale d'autant plus importante qu'elle n'a pas toujours dirigé les théories physiologiques. Les tissus, ou les éléments organiques, ne peuvent intervenir dans les phénomènes de la vie qu'en raison de leur altérabilité. Leur fonction physiologique est inséparable de leur continuelle destruction et de leur renouvellement incessant. Toutes les fois donc qu'on arrive à conserver la matière, on la rend impropre à la vie. Peut-être l'oxyde de carbone n'agit-il pas autrement pour produire les désordres graves ou la mort.

L'acide prussique, nous vous l'avons dit, exerce la même action apparente sur la couleur du sang: c'est un poison plus violent encore que l'oxyde de carbone, en raison de sa grande solubilité et de la facilité avec laquelle il est absorbé. En faisant respirer de l'acide prussique à un animal, on voit aussi que son sang veineux devient rutilant, et, si l'animal meurt subitement, on trouve le sang parfaitement rouge dans les deux cavi-

tés du cœur, aussitôt après la mort. Quelquefois, le lendemain de la mort, on retrouve encore la même coloration dans le sang du cœur, à l'autopsie de l'animal. Toutefois, lorsque le sang est à l'air, cette coloration ne paraît pas persister aussi longtemps que pour l'oxyde de carbone.

Pour que le sang rougisse sous l'influence de l'acide prussique, il faut que le sang soit en même temps exposé à l'air et soumis au contact de l'oxygène. Si l'on met, par exemple, une goutte d'acide prussique au quart dans le fond d'un tube, et que l'on recueille du sang dans ce tube, en laissant la moitié du tube plein d'air, qu'on le bouche exactement ensuite et qu'on l'agite, le sang ne devient pas sensiblement rutilant et conserve une couleur brune. Cela tient à ce que la vapeur de l'acide prussique remplit le tube et en chasse l'air; dès lors, le sang ne se trouve plus en contact qu'avec de la vapeur d'acide prussique non mélangé d'air. En agissant ainsi, on peut croire que l'acide prussique empêche le sang de devenir rutilant. C'est une cause d'erreur dans laquelle je suis tombé autrefois moi-même et que je n'ai reconnue qu'en faisant l'expérience autrement. Mitscherlich, devant qui l'on parlait un jour des effets de l'acide prussique, regardait son action comme très-mystérieuse, et attachait à son explication une grande importance. Ce que je vous ai dit de l'oxyde de carbone est-il applicable à l'acide prussique? Je n'en sais rien. C'est une question sur laquelle nous aurons à revenir, si plus tard nous traitons des effets de ce poison.

Au point de vue médico-légal, je ne connais jusqu'à présent que ces deux substances dont l'action se traduise ainsi sur la coloration du sang; et le sang rouge au sortir de la veine serait, pour nous, un des indices d'un empoisonnement par l'acide prussique ou par l'oxyde de carbone.

Voici un chien dont le sang, pris dans la veine jugulaire, est d'un brun foncé. En lui présentant un verre contenant une solution très-étendue d'acide prussique, il en respire bien peu; mais cela suffit, comme vous pouvez le voir, pour rendre son sang rutilant. Bien que la quantité d'acide respirée soit extrêmement minime, le chien est très-malade. Si d'ici quelques instants il ne succombe pas rapidement, il reviendra à une santé parfaite.

Mais retournons à l'oxyde de carbone. Ce gaz porte donc, avons-nous dit, son effet sur le sang; par son action les globules deviennent incapables d'entretenir la respiration. Il y aurait donc empoisonnement par manque d'oxygène, ou asphyxie, bien que cependant les caractères habituellement signalés de l'asphyxie ne se rencontrent pas. Il serait nécessaire, pour comprendre cette espèce nouvelle d'asphyxie, d'élargir la définition et d'y faire la part d'une asphyxie avec sang rouge. Ici, l'oxygène ne peut plus entrer, l'acide carbonique ne peut plus sortir, le cœur bat encore pendant quelque temps et lance dans le système circulatoire des matériaux sanguins inertes.

Si tout le sang passait en même temps dans le poumon, la mort arriverait après une seule inspiration

d'oxyde de carbone ; mais il n'en est pas ainsi. On a donné la circulation pour beaucoup plus rapide qu'elle n'est en réalité. L'expérience qui consiste à injecter dans le bout inférieur de la jugulaire d'un cheval des substances qu'on retrouve vingt-cinq ou trente secondes après dans le sang qui s'écoule par le bout supérieur du même vaisseau, peut tout au plus donner une idée de la rapidité du mouvement circulatoire dans les grands trajets vasculaires. Dans les capillaires, la circulation est beaucoup plus lente ; elle est même d'une lenteur excessive dans certaines circulations locales. Le sang qui traverse le poumon, dans un temps assez court, ne représente donc pas la totalité des globules ; et l'animal succombe bien avant qu'on ait eu le temps de les atteindre tous. Quand l'intoxication a peu duré, l'animal revient à lui ; son sang veineux conserve quelque temps encore cette teinte rouge, puis tout rentre dans l'ordre habituel. Dans nos expériences, cet empoisonnement n'a laissé à sa suite aucun désordre appréciable.

Nous voulions, aujourd'hui, vous parler des effets consécutifs, ou des accidents chroniques de l'intoxication par l'oxyde de carbone ; mais nous n'avons rien obtenu à ce sujet dans nos expériences.

Les désordres secondaires qui ont été signalés dans les auteurs, désordres portant sur le système nerveux, doivent être rapportés à l'action plus complexe de la vapeur de charbon. Cette action, observée fréquemment chez l'homme, laisse à sa suite tantôt rien d'appréciable, tantôt des paralysies locales.

M. H. Bourdon, qui a réuni dans sa thèse un grand

nombre de ces paralysies consécutives à l'empoisonnement par la vapeur de charbon, a montré que c'étaient, en général, des paralysies du mouvement, paralysies rebelles, toujours locales, et frappant souvent les membres supérieurs. L'âge des sujets, qui en général étaient jeunes, éloigne toute idée de coïncidence d'une hémorrhagie cérébrale.

Je vous rapporterai une de ces observations qui emprunte, pour nous, un intérêt particulier en ce qu'elle vient à l'appui des idées que nous vous avons exposées, touchant les variations de la résistance qu'oppose l'organisme affaibli aux effets délétères d'un milieu irrespirable ou toxique.

Deux jeunes personnes se trouvaient dans une chambre chauffée par un fourneau alimenté avec du coke. L'une d'elles fut prise d'asphyxie et tomba sans connaissance. L'autre, alors atteinte d'une fièvre typhoïde et alitée, avait résisté assez pour pouvoir demander du secours. Nous savons déjà que cette résistance aux actions toxiques se manifeste chez les animaux, quand on les rend malades ; nous avons ici la preuve du même phénomène chez l'homme. Quant à celle qui, bien portante, avait subi les effets d'un commencement d'empoisonnement, elle eut une paralysie du bras gauche, qui au bout de six mois n'était pas encore complètement guérie.

Lorsque nous avons voulu produire ces accidents consécutifs chez les animaux, nous n'avons pas pu y parvenir. On remarquait bien d'abord de l'insensibilité, des vertiges, une démarche vacillante, de la faiblesse mus-

culaire; mais tous ces symptômes étaient passagers, et nous n'avons obtenu aucun effet persistant.

Il faut, du reste, dans les expériences savoir où doivent s'arrêter les analogies et quelles restrictions empêchent quelquefois les comparaisons de pouvoir être faites. L'hémiplégie n'a pas été observée chez les animaux, malgré toutes les lésions qu'on a artificiellement tentées dans le but de la produire. Notre insuccès dans ce cas tient, peut-être, à ce que les animaux ne se prêtent pas à cette expérience.

Nous sommes donc obligés de voir dans l'oxyde de carbone un poison violent, à effets immédiats, mais durant peu. Lorsque le poison a été éliminé, et lorsque, soit qu'ils aient été détruits, soit que le sang s'en soit débarrassé, les globules ont repris leurs fonctions, l'animal revient à la santé. On a encore signalé chez l'homme, dans des cas où l'autopsie n'a pu être faite et où la paralysie a manqué, une faiblesse musculaire persistant pendant assez longtemps. Chez les animaux, nous n'avons rien observé de semblable; mais il n'y a pas lieu de s'en étonner. Ce signe est difficile à apprécier, et il faudrait qu'il fût presque constant et extrêmement prononcé pour que l'observateur fût autorisé à y voir un des caractères habituels de cet empoisonnement.

Comme accident consécutif à l'empoisonnement par la vapeur de charbon, on a remarqué aussi chez l'homme des pneumonies lobulaires particulières et des congestions dans les membranes du cerveau qui entraînent des accidents graves et peuvent être mortelles.

L'observation directe sur l'animal vivant étant im-

possible, nous avons dû essayer de voir si quelque action appréciable était le résultat du contact de l'oxyde de carbone avec les organes musculaires.

De Humboldt d'abord, plus tard G. Liebig, Matteucci, etc., ont fait beaucoup de ces expériences, qui les ont conduits à admettre pour les muscles une véritable respiration. Nous savons que les globules sanguins cèdent de l'oxygène aux tissus et leur prennent de l'acide carbonique; que, d'une autre part, cette action est accélérée par tous les actes vitaux dont la production amène ainsi une formation d'acide carbonique. Si l'on met sous une cloche, dans une atmosphère confinée, des muscles, que par des excitations galvaniques répétées on les fasse se contracter, on verra l'oxygène de la cloche diminuer et un excès d'acide carbonique le remplacer. Les globules du sang contenu dans les muscles et le tissu musculaire ont respiré.

Nous avons voulu voir si l'oxyde de carbone apportait quelque modification à la contractilité musculaire lorsqu'on mettait ce gaz directement en rapport avec un organe musculaire. Voici deux pattes de grenouilles qui sont, depuis une heure, dans de l'air mêlé à de l'oxyde de carbone; toutes deux sont encore sensibles aux excitations galvaniques. Les convulsions, qui peuvent normalement se produire pendant les vingt-quatre heures qui suivent la mort, se produisent encore au bout d'une heure. C'est une expérience qu'il faudrait continuer pour juger de l'influence de l'oxyde de carbone sur la contractilité musculaire.

Nous avons encore essayé l'action de l'oxyde de

carbone sur certains phénomènes de la vie végétale. L'acide prussique arrête, dit-on, les fermentations. En serait-il de même de l'oxyde de carbone?

Nous avons mis dans un tube du sucre, en présence de levûre de bière qui avait séjourné dans l'oxyde de carbone. La fermentation a eu lieu, et il s'est produit de l'alcool et de l'acide carbonique. Cette expérience est seule; il serait bon de la répéter dans des circonstances variées. Nous pourrions le faire plus tard, si nous esquissons le parallèle entre les effets de l'oxyde de carbone et ceux de l'acide prussique.

Des graines de cresson alénois n'ont pas germé dans un air contenant $1/6$ d'oxyde de carbone.

Dans un air contenant $1/6$ d'acide carbonique, elles n'ont pas germé non plus. Cela tenait-il à ce qu'en raison de sa densité plus grande, l'acide carbonique était au fond de la cloche?

Les mêmes graines ont parfaitement germé sous une cloche dans une même quantité d'air ordinaire.

En ôtant ensuite les cloches sous lesquelles étaient les graines avec de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, et mettant ainsi ces graines à l'air, les unes et les autres ont germé.

Ces épreuves sur la germination dans différents milieux ont été entreprises dans des conditions plus variées; et, puisque les cloches sont restées toutes sur cette table, je vais vous donner les résultats auxquels elles nous ont conduit.

Vous voyez ici quatre cloches: la première renferme un mélange à parties égales d'air et d'oxygène; la

seconde contient de l'air; dans la troisième et la quatrième, il y a de l'air et de l'oxygène ozonisé, conservé sur l'eau pour ne pas détruire l'ozone.

Les plantes ont germé partout; le seul fait bien évident qui résulte de l'examen de ces éprouvettes est une coloration verte bien plus prononcée des plantes qui ont poussé dans l'air ozonisé. Je n'insisterai pas davantage sur ce fait, que je ne vous ai indiqué que par circonstance.

En résumé, Messieurs, de l'étude à laquelle nous nous sommes livrés est résultée une localisation dans le sang des effets toxiques de l'oxyde de carbone, qui tue en quelque sorte en empêchant les globules de respirer. Il nous reste, après avoir étudié isolément cette action, à l'envisager dans les conditions que présente ordinairement son accès dans l'économie animale. C'est ce que nous ferons dans la prochaine séance, qui sera consacrée aux effets toxiques de la vapeur de charbon.