

pour obtenir le premier état, c'est-à-dire une paralysie qui respecte les mouvements respiratoires et par suite la vie de l'animal, nous avons constaté, après plusieurs tâtonnements, qu'il faut donner environ 1 milligramme de curare par kilogramme d'animal; mais hâtons-nous de dire que cette évaluation n'a rien d'absolu, parce que l'énergie du curare employé est très-variables, selon la provenance de ce poison.

Du reste, nous donnons toujours une dose un peu plus forte, de manière à paralyser même les mouvements respiratoires; nous obtenons ainsi une immobilité bien plus complète, et les animaux qui se prêtent infiniment mieux à ces expériences. Quant au danger de mort par asphyxie, nous l'évitons en pratiquant la respiration artificielle.

Nous pouvons aussi appliquer, et avec plus d'avantage, ce moyen de contention aux animaux à sang froid, à la grenouille par exemple; dans ce cas, la respiration cessée suffit pour entretenir la vie chez l'animal devenu complètement immobile, et toutes les apparences d'un délire. Cependant la circulation continue, l'élimination du poison se produit, et l'on voit la grenouille recouvrer ses mouvements au bout d'un temps variable, selon la dose employée et le milieu ambiant.

Nous pouvons aussi appliquer, et avec plus d'avantage, ce moyen de contention aux animaux à sang froid, à la grenouille par exemple; dans ce cas, la respiration cessée suffit pour entretenir la vie chez l'animal devenu complètement immobile, et toutes les apparences d'un délire. Cependant la circulation continue, l'élimination du poison se produit, et l'on voit la grenouille recouvrer ses mouvements au bout d'un temps variable, selon la dose employée et le milieu ambiant.

DEUXIÈME PARTIE

LEÇONS SUR L'ASPHYXIE

PREMIÈRE LEÇON

SOMMAIRE : Importance du sang. — Inconvénients d'une opinion trop absolue à ce sujet. — Susceptibilité diverse des animaux à l'asphyxie. — Divers genres d'asphyxie. — Asphyxie par les vapeurs de charbon. — Historique des études faites sur l'asphyxie par les vapeurs de charbon : Portal, Marey, Troja. — Nouvelles études expérimentales. — Appareils. — Critique expérimentale des travaux antérieurs. — Parallèle des opinions de Portal et de Troja. — Causes d'erreur.

MESSIEURS,

Nous allons aujourd'hui nous préparer à entrer dans l'analyse expérimentale de l'asphyxie, et particulièrement de l'asphyxie par la vapeur de charbon. C'est là un sujet médical à l'étude duquel nous appliquerons tous les moyens d'investigation que la physiologie peut nous fournir dans l'état actuel de nos connaissances, et j'espère vous prouver par cet exemple que, sans la physiologie, il eût été impossible d'arriver à l'explication scientifique des phénomènes morbides apportés par l'observation.

C'est sur le sang, comme vous le verrez, que nos études se trouveront particulièrement concentrées; sur ce liquide tellement indispensable à la vie que les anciens en avaient

fait le siège de l'âme. Nous concevons donc que si ce liquide vient à être soustrait ou gravement altéré, la vie cessera aussitôt. Cependant, je veux immédiatement vous prémunir contre un penchant auquel on se laisse trop facilement entraîner en médecine : c'est celui qui consiste à formuler des opinions absolues.

Les phénomènes de la vie sont si flexibles, si variés, que bien souvent ils semblent à première vue conduire à des explications contradictoires. Mais si les faits sont bien observés et leurs conditions respectives bien définies, ils rentrent toujours dans des lois qui les expliquent. Il faut donc bien se garder de repousser certains faits parce qu'ils paraissent être contradictoires. Il faut seulement les étudier de plus près, et on les verra toujours se réduire à des conditions différentes, physiologiques ou pathologiques ; mais au fond les phénomènes, quelque opposés qu'ils paraissent, obéissent aux mêmes lois dans les mêmes circonstances.

S'il est une proposition qui semble générale et absolue en physiologie et en médecine, c'est celle-ci : la cessation des fonctions du sang amène *immédiatement* la mort. Cependant je vais vous prouver que cette proposition, quoique très-juste en général, paraît présenter dans certaines circonstances des contradictions qui réellement n'en sont pas.

Lorsqu'on prive un animal élevé de son sang par hémorrhagie, il meurt aussitôt, et, au point de vue physiologique, on pourrait dire que c'est là une mort naturelle ; car les tissus cessent de manifester leurs propriétés vitales, non pas parce qu'ils ont été modifiés par un agent

toxique ou morbifique, mais simplement parce qu'on leur a enlevé le milieu intérieur dans lequel ils trouvent les conditions de leur vitalité.

Si quelqu'un venait après cela vous dire : le sang n'est pas absolument indispensable à la vie, et sa soustraction n'amène pas nécessairement une mort immédiate, vous répondriez aussitôt que cela ne se peut. Et cependant cette seconde proposition est également vraie : il est possible d'en réaliser en effet les circonstances ; bien plus, ces circonstances se présentent quelquefois d'elles-mêmes dans quelques états pathologiques, ainsi que je vais essayer de vous le démontrer.

Chez l'homme bien portant en effet, de même que chez les animaux supérieurs à l'état normal, la soustraction du sang amène immédiatement la mort, et elle la produit plus vite chez l'adulte que chez l'enfant (1). Mais si nous descendons l'échelle animale, nous voyons bientôt que la mort ne survient plus aussi vite à la suite de la soustraction du sang : dans d'autres conditions, on observe encore ce même ralentissement, et cela lorsque les tissus se sont trouvés quelque temps exposés à un refroidissement préalable.

Le sang nourrit les tissus et leur donne leurs propriétés spéciales ; mais la dénutrition, c'est-à-dire la disparition

(1) Cette mort est d'autant plus rapide, que la soustraction de sang est plus complète. Ainsi dans le procédé d'Esmarch, dont nous avons parlé précédemment (voy. p. 273, remarque 1), la mort locale du membre arrive plus vite que la même mort locale après une saignée générale à blanc ; c'est que ce procédé amène l'anémie la plus complète que l'on puisse effectuer ; après une saignée, au contraire, les capillaires, les petits vaisseaux retiennent toujours une certaine quantité de globules et de plasma.

des manifestations vitales, peut être plus ou moins rapide dans ces tissus; de sorte que dans ces cas les propriétés vitales peuvent persister un temps plus ou moins long après la soustraction du sang. C'est ce qui s'observe ordinairement chez un animal à sang froid. Une grenouille par exemple peut encore, surtout pendant la saison froide, conserver les propriétés vitales vingt-quatre heures après avoir été complètement dépourvue de son sang. Ce qui démontre bien, pour le dire en passant, que ces propriétés vitales siègent dans les tissus et non dans le sang qui les baigne. Le sang leur fournit seulement les éléments indispensables à leur nutrition.

En examinant à ce point de vue le rôle du sang, il est facile de se convaincre immédiatement que son utilité pour la manifestation des phénomènes vitaux varie beaucoup selon que l'on considère l'une ou l'autre des extrémités de l'échelle animale.

Et en effet, chez les animaux inférieurs, il est possible de prouver par des expériences décisives, que le sang n'est pas immédiatement indispensable à la manifestation des phénomènes vitaux.

Si pendant l'hiver, on prend une grenouille, et si, après avoir ouvert une veine abdominale, on lui injecte par ce vaisseau de l'eau très-faiblement salée ou sucrée, jusqu'à ce que tout le sang ait été expulsé et remplacé par de l'eau salée ou sucrée et même avec du mercure, on voit encore l'animal aller, venir, sauter et manifester tous les signes ordinaires de la vie, et cela pendant plusieurs jours. Cependant il n'y a plus de sang du tout dans les vaisseaux de l'animal, et si l'on examine au microscope

la circulation dans la membrane natatoire des pattes postérieures ou dans la langue, on voit circuler un liquide incolore qui ne renferme plus de globules. Sans doute il peut rester encore du plasma, mais on a enlevé la totalité des globules, sans que les phénomènes vitaux aient été suspendus pour cela. On peut dire qu'il y avait dans les tissus de l'animal des propriétés vitales, emmagasinées par la nutrition antérieure, qui ont pu encore entretenir la vie après la soustraction du sang.

Un animal à sang froid peut donc se passer quelque temps de sang, ou tout au moins de ses globules rouges sanguins, sans cesser de vivre. Nous pouvons d'ailleurs nous rendre compte de ces phénomènes. Les globules rouges du sang sont en effet d'autant plus nécessaires, que la température exalte davantage les propriétés vitales; pendant l'hiver, les globules rouges du sang des animaux à sang froid, des grenouilles par exemple, leur sont beaucoup moins utiles que pendant l'été. Les fonctions de ces éléments organiques sont presque anéanties par le refroidissement hivernal. Si l'on découvre en effet les artères et les veines, on voit que le sang est rutilant dans les deux ordres de vaisseaux; le sang ne devient plus veineux en traversant les capillaires. Les phénomènes respiratoires des tissus sont considérablement amoindris, et dans ces conditions les animaux résistent considérablement à l'asphyxie et aux intoxications qui agissent sur le sang. Les gaz expirés ont presque la même composition que l'air inspiré; mais vient-on à élever la température ambiante, met-on par exemple cette grenouille dans de l'eau à 28 degrés environ, bientôt les fonctions des globules se réveil-

lent et le sang artériel et le sang veineux redeviennent immédiatement de couleurs différentes.

Le même fait a été observé également, parmi les mammifères, chez les marmottes. En résumé, pendant l'hibernation, des globules rouges du sang sont engourdis et leurs fonctions s'amoindrissent au point que les animaux peuvent s'en passer pendant un certain temps, tandis que dans les conditions différentes de la vie les fonctions vitales de ces globules sont si exaltées que leur soustraction détermine immédiatement la mort de l'organisme. Mais, je le répète, il n'y a là que des degrés dans leurs fonctions, et non une contradiction dans les faits dont on peut facilement saisir la filiation.

Y a-t-il chez l'homme des cas dans lesquels le sang pourrait perdre en quelque sorte de son importance et ne pas être immédiatement indispensable à la manifestation des phénomènes vitaux ? L'observation répond affirmativement, et bien que ces faits appartiennent aux phénomènes pathologiques, il est facile d'apercevoir les relations qui rattachent ici les phénomènes pathologiques à certaines conditions physiologiques : la maladie a amené l'homme à l'état hibernant en quelque sorte. Le cas le plus remarquable que je puisse vous citer de modifications aussi curieuses du sang chez l'homme est sans aucun doute le choléra. Et en effet, à une certaine période de cette maladie, à la période dite algide, on a observé que le malade est refroidi ; le rôle de la respiration est devenu presque nul, l'air expiré offre à peu près la même composition que lorsqu'il a pénétré dans les poumons. La circulation est profondément modifiée et engourdie ; le sang est

désorganisé dans sa composition, et enfin la circulation peut réellement cesser quoique la vie persiste. La cessation de la circulation n'est donc pas dans tous les cas un signe certain de mort.

Les observations sur les cholériques auxquelles je viens de faire allusion ont été faites par Magendie en 1832, et elles ont été répétées plus tard en Allemagne.

Magendie était médecin à l'Hôtel-Dieu au moment où éclata cette terrible épidémie cholérique de 1832... C'est alors qu'il constata l'absence de toute circulation chez certains malades encore parfaitement vivants, puisqu'ils se mouvaient et parlaient. On ne sentait plus le pouls ; il eut l'idée d'ouvrir l'artère radiale et même l'artère axillaire. Elles étaient vides et il ne s'en écoulait pas de sang. Et cependant, je le répète, ces malades parlaient encore, pouvaient encore se lever sur leur séant et se mouvoir dans leur lit.

Comment expliquer ce phénomène ? La physiologie va nous en donner la clef : sous l'influence de l'état maladif particulier que nous appelons le choléra, à un certain moment, les malades se refroidissent considérablement et leurs tissus sont placés en quelque sorte à l'état des tissus des animaux hibernants. A ce moment, la respiration se fait chez eux comme chez les grenouilles, les marmottes, en hiver. L'oxygène de l'air, en pénétrant dans les poumons, n'y détermine plus de combustion et par suite plus de chaleur ; l'air expiré ne contient plus d'acide carbonique. La circulation finit ainsi par se suspendre.

Placés dans ces conditions, les malades semblent donc présenter quelque exception aux lois générales de la res-

piration et de la circulation chez l'homme; mais ces exceptions ne sont qu'apparentes et s'expliquent très-bien aussitôt qu'on fait intervenir les modifications survenues dans l'économie par la maladie. Ici encore, vous voyez combien il est important de ne jamais séparer l'état pathologique de l'état physiologique. Leur étude doit se faire simultanément et la connaissance parfaite de l'un est indispensable si l'on veut comprendre et expliquer l'autre.

Nous connaissons du reste en physiologie expérimentale un certain nombre de moyens propres à transformer un animal à sang chaud en animal à sang froid, et de rendre alors, un lapin par exemple, beaucoup moins sensible à l'arrêt de la circulation. Nous avons montré dans des leçons antérieures que l'on obtenait cet effet en refroidissant lentement l'animal; en lui sectionnant le bulbe et pratiquant ensuite la respiration artificielle; enfin en enduisant la surface cutanée d'un vernis imperméable. Nous reviendrons du reste bientôt sur ce dernier procédé et sur la théorie des phénomènes que l'on observe alors sur les animaux dont on a ainsi supprimé les fonctions de la peau.

Le sang peut donc présenter, dans l'état physiologique et dans l'état pathologique, des degrés de vitalité très-différents. Je vous ai déjà dit qu'on devait le considérer comme constitué par un liquide que l'on rencontre universellement dans l'économie, le plasma, et dans lequel nagent des éléments organiques, les globules rouges du sang, éléments tout à fait particuliers au sang et qui ne se rencontrent que dans le système sanguin (voy. Leçon d'introduction, p. 10).

Ces globules du reste n'existent pas chez tous les animaux; on ne les rencontre que chez les vertébrés. On peut donc avec raison les considérer comme des organes de perfectionnement ajoutés chez les vertébrés pour faciliter les échanges gazeux qui se font continuellement entre les deux milieux dans lesquels vivent nos tissus, c'est-à-dire entre le sang et l'air atmosphérique que nous respirons.

Ces organes de perfectionnement ont des fonctions qui peuvent parfois varier considérablement. Elles sont évidemment nulles chez les invertébrés, puisque ces animaux n'ont pas de globules dans leur sang. Elles sont presque nulles pendant l'hiver chez les hibernants; en général, lorsque les phénomènes respiratoires vont en diminuant, les globules deviennent de moins en moins importants, et réciproquement leur importance est d'autant plus grande que les phénomènes vitaux sont plus actifs.

Ce fait est très-sérieux et mérite d'être considéré, car il y a là une loi relative, non-seulement à l'activité de la fonction des globules, mais encore à l'activité vitale, normale ou pathologique de tous les organes.

Et en effet il est hors de doute que les maladies sont d'autant plus nombreuses chez un être que son organisme est plus perfectionné. L'homme est sans contredit l'être le plus parfait, mais il est aussi le plus vulnérable et sujet aussi à plus de maladies. Les maladies du sang sont beaucoup plus fréquentes et plus faciles à se produire chez les animaux supérieurs que chez les autres. Pour l'asphyxie, par exemple, c'est une loi que l'on explique facilement. Mais dans ce cas surtout il ne faut jamais conclure direc-

tement d'un animal à un autre, ni de l'homme à l'animal, ni même d'un animal quelconque à son semblable sans avoir examiné avec soin les circonstances particulières qui auraient pu influer sur l'observation. Quelques exemples du reste suffiront pour vous le faire bien comprendre.

Et en effet ces phénomènes, très-variables en apparence, sont cependant en rapport direct avec les propriétés même du sang.

On asphyxie, on le sait, très-facilement un oiseau, un mammifère ; mais placez par exemple sous la même cloche un oiseau et une grenouille : au bout de très-peu de temps, l'air sera suffisamment vicié pour que l'oiseau ne puisse plus y vivre, et il mourra bien longtemps avant que la grenouille en paraisse même incommodée.

Nous observerions des différences analogues en plaçant sous une même cloche deux lapins, dont l'un serait à l'état normal et l'autre artificiellement refroidit, c'est-à-dire transformé en animal à sang froid, par l'un quelconque des moyens que nous avons indiqués plus haut. Du reste nous trouvons cette différence naturellement réalisée chez les animaux hibernants. Voici en effet un fait très-curieux observé par MM. Regnault et Reiset : On avait mis deux marmottes en état d'hibernation dans un même appareil, fermé avec soin et dans lequel on faisait passer la quantité d'air nécessaire à leur respiration dans ces circonstances. Les deux marmottes dormaient, mais à un moment l'une des deux, par une circonstance fortuite, s'étant réveillée, ne trouva plus une quantité d'oxygène suffisante pour vivre, et elle mourut, tandis que celle qui était restée en-

lormie continua de vivre. Il est facile de répéter cette expérience sous une autre forme ; mettez un oiseau sous une cloche : au bout de quelque temps, l'air étant suffisamment vicié, l'oiseau devient mal à son aise et s'engourdit un peu, mais il vit toujours. A ce moment, introduisez brusquement dans ce même air un autre oiseau semblable au premier : il tombe immédiatement comme foudroyé, tandis que le premier continue à vivre ; et cela parce qu'il a été amené insensiblement par la viciation de l'air à se refroidir un peu et à s'abaisser physiologiquement pendant l'opération.

D'après tous les exemples que je viens de vous citer, vous voyez donc clairement qu'il existe toujours une loi constante qui règle tous ces phénomènes ; mais il faut bien ajouter que les apparences sont souvent trompeuses ; cependant toujours ces faits en apparence différents sont liés entre eux, et une observation suivie permet de les démêler et de les expliquer.

En résumé, je ne puis cesser de vous répéter ce que je vous ai déjà dit bien des fois, c'est que dans cette étude médicale il ne faut jamais séparer les phénomènes physiologiques des phénomènes pathologiques ; les uns aident à comprendre les autres et à les expliquer : ce qui revient à dire qu'il faut toujours étudier simultanément ces deux états.

En entrant dans la description des phénomènes de l'asphyxie par le charbon, qui seront le sujet spécial de notre étude, il est convenable de vous indiquer en quelques mots la division que l'on établit dans les divers genres d'asphyxies et de vous tracer la marche générale que

nous suivrons dans nos investigations expérimentales.

Le poumon, vous le savez, est l'organe spécial destiné à faciliter dans l'acte de la respiration l'échange continu des gaz indispensables à la vie. Or, la surface pulmonaire donne accès tout à la fois aux gaz utiles et aux gaz toxiques : en un mot, si elle nous procure la vie par absorption du gaz vital, elle peut aussi nous donner la mort par absorption de gaz délétères qui causent l'asphyxie.

On distingue généralement trois espèces d'asphyxies : l'asphyxie par les gaz irrespirables, mais inoffensifs par eux-mêmes, tels que l'hydrogène, l'azote ; l'asphyxie par les gaz toxiques, tels que l'oxyde de carbone, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique ; enfin, l'asphyxie par manque d'air, ainsi que cela se passe dans l'asphyxie par submersion ou dans le vide.

Je ne m'arrêterai pas sur cette classification ni sur ces diverses asphyxies ; en effet la première classe et la troisième n'en forment réellement qu'une seule : dans les deux cas la mort est produite par le manque d'air, c'est-à-dire par la cessation de l'absorption d'oxygène et de l'exhalation d'acide carbonique. Du reste le sens même du mot *asphyxie* est assez difficile à définir ; employé d'abord pour désigner la mort par cessation des battements du cœur (à privatif, et σφύξις), ce terme a été appliqué ensuite aux différents genres de mort par le poumon ; aujourd'hui il ne se rapporte à aucun groupe bien déterminé de phénomènes vitaux. Nous verrons par exemple que l'asphyxie par la vapeur de charbon est un empoisonnement d'un caractère tout particulier, et nous cherchons

rons à préciser l'élément anatomique qui est essentiellement atteint.

Nous ne nous occuperons donc pas davantage des diverses espèces d'asphyxie, ne voulant parler ici que de l'asphyxie produite par les gaz de la combustion incomplète du charbon, et nous entrerons directement dans notre sujet.

Les accidents produits par les vapeurs de charbon étaient connus déjà très-anciennement, puisqu'Érasistrate et Galien en parlent et discutent déjà sur leur nature. Mais leur explication rationnelle ou scientifique est le résultat de la science moderne, c'est-à-dire de la physiologie appliquée à la médecine. C'est ce que j'espère vous démontrer clairement.

Pour cela nous suivrons l'évolution successive et en quelque sorte chronologique de la question.

Nous examinerons d'abord ce que la simple observation a pu nous faire connaître, puis ce que les autopsies cadavériques nous ont appris, et enfin nous verrons que c'est l'expérimentation sur les animaux vivants qui seule pouvait nous permettre d'arriver à la solution scientifique du problème.

Quels sont donc d'abord les renseignements que nous a fournis l'observation ?

Elle a montré que les gaz provenant de la combustion incomplète du charbon sont capables de donner la mort. En effet, toutes les fois que le charbon brûle et que les gaz provenant de cette combustion se répandent dans l'air d'un appartement, par exemple, si la ventilation n'est pas suffisamment active pour renouveler l'air, il survient