

duire un effet donné. L'expérience que nous allons faire devant vous démontrera donc simplement que, lorsque de l'acide carbonique est uni à l'oxyde de carbone, la mort est plus rapide.

Expérience. — Ces deux cloches sont pleines toutes deux du gaz recueilli au-dessus d'un fourneau où brûlait du charbon de bois. Dans la première, nous introduisons un oiseau, qui meurt au bout de une minute cinq secondes. Dans la seconde, nous ajouterons au gaz un volume d'acide carbonique qui en représente le centième; puis nous y faisons passer un autre oiseau. Ce dernier meurt un peu plus vite; ayant une minute il était mort.

Vous voyez maintenant, Messieurs, comment doit être expliqué l'empoisonnement par la vapeur de charbon, et comment les théories qui le considéraient comme produit par l'oxyde de carbone seul n'étaient pas d'accord avec les faits.

La quantité d'oxyde de carbone que renferme la vapeur de charbon est moins efficace pour produire aussi vite la mort, lorsque ce gaz est seul.

On a donc là un exemple d'un gaz véritablement toxique dont l'action délétère est insensiblement augmentée par une action d'une autre nature qui ne l'est pas.

QUATORZIÈME LEÇON.

30 AVRIL 1856.

SOMMAIRE: Fixation d'oxygène et accumulation d'acide carbonique dans le sang d'un animal qui respire dans un milieu confiné. — Expériences. — La respiration pulmonaire n'est pas une combustion, mais un échange de gaz. — Expériences.

MESSIEURS,

Je vous ai parlé, dans la dernière séance, d'une expérience propre à établir par la composition d'une atmosphère limitée, prise à différents moments de sa fixation par la respiration, l'exactitude de ce fait que j'énonçais, à savoir, que dans cette circonstance il y a fixation dans le sang de l'animal, à l'état d'acide carbonique, d'une partie de l'oxygène pris par lui à cette atmosphère. Cette expérience est éminemment propre à montrer, en outre, ce qu'il faut penser du parallélisme qu'on signale ordinairement entre l'absorption de l'oxygène et le rejet de l'acide carbonique.

1^{re} EXPÉRIENCE. — Capacité de la cloche : 1100 centimètres cubes.

Temps.	Oxygène restant.	Acide carbonique expiré.	Azote.
2 minutes	20,819	0,51	78,57
12 —	17,914	1,85	80,84
27 —	12,805	5,48	81,70
53 —	9,323	11,01	79,66
75 —	6,321	12,07	81,60

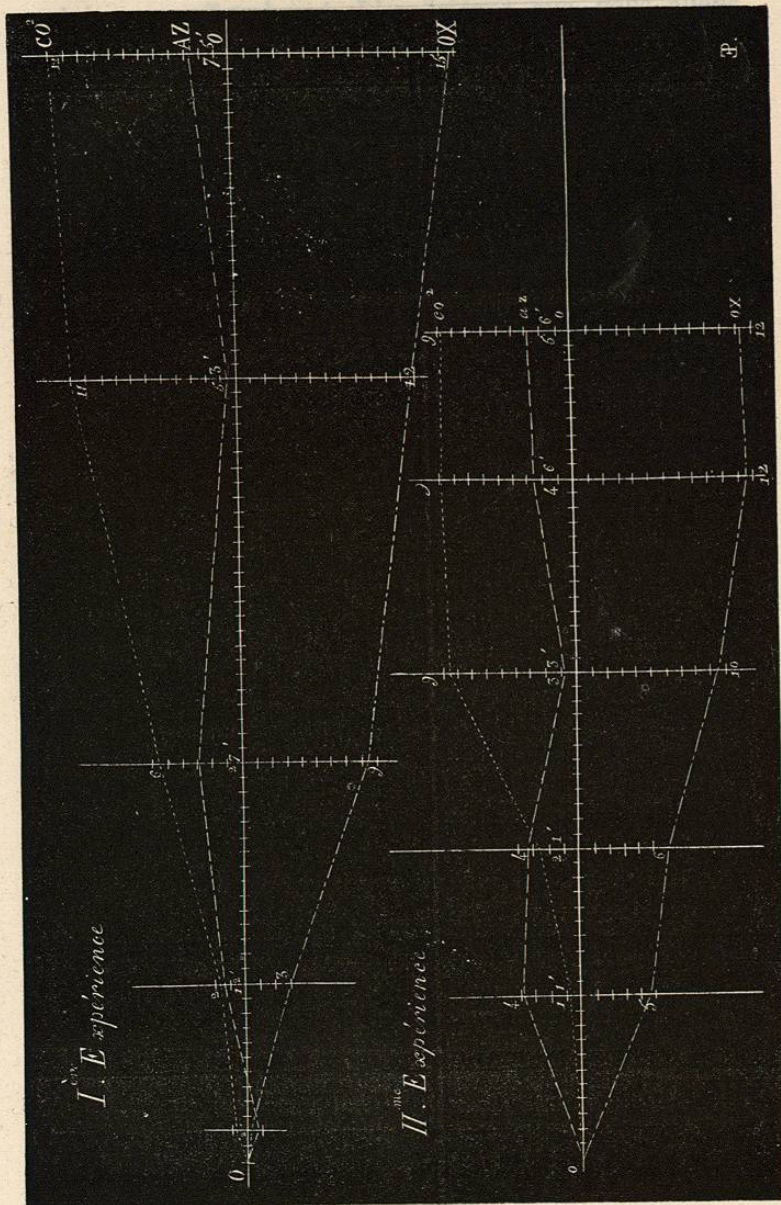


FIG. 12.

2^e EXPÉRIENCE. — Même cloche.

Temps.	Oxygène restant.	Acide carbonique expiré.	Azote.
11 minutes	26,24	0,83	82,93
21 —	15,00	2,85	82,15
33 —	11,58	8,53	79,80
46 —	9,61	8,97	81,42
56 —	9,83	8,19	81,98

3^e EXPÉRIENCE. — Capacité de la cloche : 2350 centimètres cubes.

Temps.	Oxygène restant.	Acide carbonique expiré.	Azote.
35 minutes	16,66	1,58	81,7
1 heure 12 minutes...	12,97	6,08	80,94
1 heure 54 minutes...	8,97	9,70	81,32

Vous pouvez voir sur la figure 12 l'ensemble de ces résultats figuré graphiquement. Vous n'y trouverez que les deux premières expériences, les observations de la troisième étant prises à des intervalles trop éloignés pour que la ligne qui résulterait de leur représentation pût être considérée comme donnant une image suffisamment approchée de la marche du phénomène.

Le temps est compté sur l'axe des abscisses à partir de l'entre-croisement des coordonnées. Quant aux ordonnées, elles représentent l'absorption d'oxygène faite aux dépens du milieu confiné par l'animal en expérience, la quantité d'acide carbonique rejetée par lui et l'augmentation de l'azote pour 100 volumes de gaz.

Dans la première expérience l'ordonnée 0,0X, qui descend au-dessous de l'axe des abscisses, montre l'oxy-

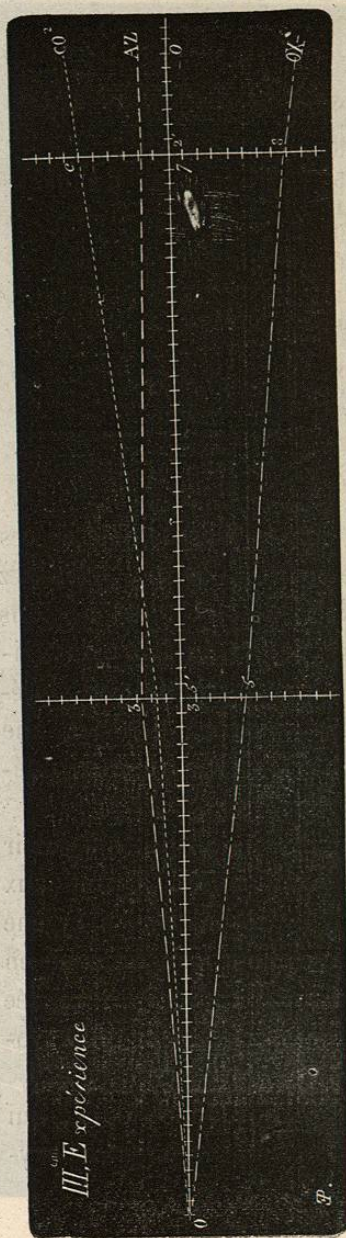


Fig. 13.

gène disparu ou en moins. L'ordonnée O, CO^2 , qui s'élève au-dessus de l'axe des abscisses, montre l'acide carbonique apparu ou en plus. On voit qu'il n'y a pas un rapport exact entre l'oxygène disparu et l'acide carbonique apparu. Car au bout de 12 minutes il y a 3 d'oxygène disparu et seulement 2 d'acide carbonique apparu; après 27 minutes il y a 9 d'oxygène disparu et seulement 6 d'acide carbonique produit; après 53 minutes il y a une disproportion moins grande: car on trouve, pour 12 d'oxygène disparu, 11 d'acide carbonique; enfin après 75 minutes il y a 15 d'oxygène en moins dans l'atmosphère et 12 d'acide carbonique en plus.

Dans la deuxième expérience les courbes se ressemblent beaucoup

avec celles de la première, l'oxygène et l'acide carbonique se comportent de même: car à la fin de l'expérience on trouve, après 56 minutes, 12 d'oxygène en moins et 9 d'acide carbonique en plus.

Dans les deux premières expériences, la ligne O, AZ qui s'élève au-dessus de l'axe des abscisses montre la quantité d'azote augmentée dans l'atmosphère. Cette courbe est très-remarquable en ce qu'elle met en lumière les oscillations que subit l'exhalation ou l'absorption de ce gaz dans une atmosphère confinée.

Les courbes qui sont données dans la troisième expérience (fig. 13) ont été construites avec des observations faites à des temps plus éloignés. Néanmoins le phénomène présente toujours la même physionomie, et les courbes gardent toujours le même rapport entre elles. Après 72 minutes, par exemple, il y a 8 d'oxygène disparu et 6 (C) d'acide carbonique apparu.

L'examen de ces diverses courbes rapportées dans les trois expériences dans une atmosphère confinée non renouvelée conduit aux mêmes conclusions que celles que MM. Regnaut et Reiset avaient tirées de leurs expériences sur des atmosphères limitées, mais renouvelées.

On voit immédiatement que, contrairement à la théorie de Lavoisier, il est bien loin d'y avoir un rapport constant entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique produit. Vous pouvez voir même qu'à un moment où l'oxygène est absorbé en quantité croissante, il y a diminution de la quantité d'acide carbonique rendu. Quand donc on fait séjourner et mourir un

animal dans une atmosphère limitée, l'oxygène absorbé est toujours supérieur à l'acide carbonique rendu, bien qu'à un certain moment son absorption soit considérablement ralentie.

Nous avons dû expliquer cette disparition de l'oxygène en admettant qu'il était retenu par l'animal à l'état d'acide carbonique; ce qui expliquerait en même temps la diminution de l'atmosphère.

Une expérience directe est venue confirmer cette interprétation du phénomène.

Vous n'avez pas oublié que, dans la dernière leçon, un chien en digestion fut saigné et mis ensuite sous une cloche bien fermée. On l'en tira au moment où il allait succomber, et on le saigna de nouveau, toujours en aspirant par la jugulaire le sang du ventricule droit.

Nous voulions savoir quelle quantité d'acide carbonique renfermait le sang recueilli avant l'asphyxie, et quelle quantité il en renfermait après. Or vous vous rappelez qu'on avait trouvé, avant l'asphyxie, que le sang contenait 2,88 pour 100 d'acide carbonique, tandis qu'après l'asphyxie il en contenait 4,55.

Mais l'observation ne se borna pas à ce résultat déjà fort intéressant. L'acide carbonique avait été retiré du sang en le déplaçant par de l'oxygène; on voulut voir quelle quantité d'oxygène pouvait dissoudre le sang dans les deux cas. Or nous avons vu que le sang recueilli avant l'asphyxie en prenait 13,88 pour 100, tandis que le sang recueilli après n'en dissolvait plus que 8,55. Si ce dernier résultat se reproduisait, il offrirait

une particularité bien curieuse, mais qui pour le moment ne s'explique pas.

Les expériences dont vous venez de voir les résultats doivent, Messieurs, nous faire abandonner un instant le terrain des actions délétères pour nous conduire à des considérations physiologiques générales d'une grande importance.

Il y a assurément quelque chose de singulier dans ces marches si différentes de la diminution de l'oxygène et de l'augmentation de l'acide carbonique dans un milieu vicié par la respiration.

La théorie de Lavoisier, qui faisait brûler dans le poumon les éléments carbonés du sang et envoyait ensuite ce liquide, vivifié par cette combustion, porter dans toute l'économie la chaleur et la vie, doit être complètement abandonnée. Non, la respiration pulmonaire n'est pas une combustion, mais simplement un échange de gaz, et les conditions qui déterminent l'asphyxie sont précisément celles qui mettent obstacle à cet échange.

Pour achever de donner des preuves de la fausseté de la comparaison de Lavoisier, il reste à comparer les phénomènes de la respiration pulmonaire et ceux de la combustion.

Nous pouvons aussi rappeler à ce propos de belles expériences de Priestley.

Des souris mises dans une cloche y avaient péri asphyxiées; d'autres y furent introduites et y périrent aussitôt.

Dans une autre cloche où une bougie avait brûlé et

s'y était éteinte après en avoir épuisé l'oxygène, une autre bougie introduite s'éteignait immédiatement.

Des pieds de menthe placés dans ces deux cloches y prospérèrent et revivifièrent l'atmosphère à tel point, que des souris réintroduites dans la première y vécurent et qu'une bougie put brûler dans la seconde. L'oxygène rendu par la menthe à ces milieux empêcha Priestley de saisir la différence entre les phénomènes ; si la végétation n'eût qu'enlevé l'acide carbonique, Priestley eût poussé jusqu'au bout le parallèle entre les deux ordres de phénomènes.

Ces expériences, Messieurs, font admirablement ressortir, il est vrai, les analogies que présentent la respiration et la combustion.

Mais il nous suffira de les varier un peu pour vous en faire maintenant saisir les différences, qui sont bien plus importantes.

Voici une cloche sous laquelle une bougie ne peut plus brûler et vient de s'éteindre. On prend un peu de l'atmosphère de cette cloche, et on reconnaît qu'elle renferme encore 15,4 pour 100 d'oxygène et 2,3 d'acide carbonique, le reste de l'oxygène ayant formé de l'eau avec l'hydrogène de la bougie. Nous introduisons dans cette atmosphère où la bougie s'est éteinte un chardonneret, qui y vit fort bien et y vivra assez longtemps. Il serait facile, réciproquement, de faire une atmosphère dans laquelle une bougie brûlerait fort bien, et dans laquelle un animal périrait immédiatement. Vous avez vu un oiseau périr en entrant dans une atmosphère composée de parties égales d'oxygène

et d'acide carbonique; une bougie y brûle mieux encore que dans l'air, comme vous le voyez ici dans une expérience faite sous vos yeux.

A quoi tient donc la différence dans les deux expériences? A ce que, dans la combustion, les phénomènes d'échange n'ont rien à voir, tandis qu'ils sont tout dans la respiration. Dans un cas, la bougie s'éteint par défaut d'oxygène; dans l'autre, l'animal meurt par excès d'acide carbonique.

Dans le premier cas, les conditions favorables à une combinaison sont devenues insuffisantes; dans le second, un obstacle a surgi qui empêche un échange gazeux respiratoire de s'accomplir.

Tout le monde sait que, lorsqu'un animal ne peut plus prendre d'oxygène, il meurt. Il est très-difficile de dire pourquoi il meurt, car son sang n'est pas tout à fait privé d'oxygène. Nous avons fait des expériences pour rendre au sang d'un animal asphyxié l'oxygène que nous supposons lui manquer. A un animal dont la tête était enfermée dans une vessie, et qui se trouvait ainsi dans des conditions propres à l'asphyxie, nous avons injecté de l'oxygène dans les veines et dans les artères sans que l'asphyxie ait paru en être retardée.

Vous savez que les oiseaux ont des poumons traversés par des orifices qui communiquent avec des sacs aériens répandus dans tout le corps et se prolongeant jusque dans les os. Eh bien, si on lie la trachée d'un pigeon et qu'ensuite on lui casse la patte pour ouvrir l'os qui communique avec les sacs aériens, bien que la communication soit établie entre le poumon et l'exté-

rieur, l'asphyxie a lieu. Il y a là quelque chose de difficile à comprendre et qui montre que toutes les conditions de l'accomplissement des fonctions respiratoires sont loin d'être bien déterminées.

Récemment j'ai cherché à désoxygéner le sang d'un petit chien. Pour cela, j'ai pris l'acide pyrogallique, qui, au contact des liquides alcalins, absorbe l'oxygène avec une grande énergie. Je l'ai injecté dans le sang, à la dose de 1 gramme pour 15 centimètres cubes d'eau, pensant asphyxier l'animal en lui prenant son oxygène. Ce chien est tombé, mais il s'est relevé, et, quoique son état fût évidemment très-grave, il a encore vécu trois ou quatre heures.

L'acide pyrogallique avait donné au sang, au moment où il passait dans le poumon, une couleur noire et une consistance boueuse, mais il n'avait pas pris d'oxygène aux globules; il les avait détruits, bien qu'une grande partie de cet agent toxique eût été éliminée par les urines. Tous les globules étaient dissous, et le sang, devenu liquide, n'en renfermait plus dans certains points.

A l'autopsie de l'animal, on trouva les poumons d'un gris noir sale, et le sang qui les pénétrait ne renfermait aucun globule. Il y avait encore dans le cœur du sang coagulé qui contenait des globules; mais ce sang les perdait à l'air, en prenant une teinte noire et une consistance boueuse.

Le foie, la rate, les reins, qui présentaient la coloration normale, la perdaient à l'air, pour devenir d'un gris noirâtre.

Bien que l'animal ait été expérimenté pendant la digestion, son foie n'offrait plus de trace de sucre.

L'aspect des organes intérieurs soustraits à l'air prouve suffisamment que l'acide pyrogallique n'agit pas sur le sang dans les vaisseaux à l'abri du contact de l'air, et que ce ne doit être qu'au moment où le sang traverse le poumon et se met en contact avec l'air que cette action se produit. Nous avons prouvé qu'il en est ainsi en mettant au contact de l'acide pyrogallique avec du sang artériel recueilli avec une seringue, à l'abri de l'air. Ce sang n'est devenu noir qu'au moment où l'on a fait entrer de l'air dans le tube. Ce résultat est intéressant en ce qu'il prouve que l'oxygène que contiennent les globules du sang n'est pas susceptible d'être pris par l'acide pyrogallique, et c'est probablement à l'air au moment où il traverse le poumon que ce corps emprunte l'oxygène qui l'oxyde.

Pour expliquer pourquoi un animal meurt quand la respiration s'arrête, on a autrefois émis l'idée qu'il y avait dans la respiration élimination d'un agent toxique. Faudrait-il revenir à cette idée? Lorsque l'acide carbonique est en assez grande quantité dans l'atmosphère pour tuer immédiatement, doit-on nier qu'il y ait dans le sang production de quelque agent toxique?

J'ai cru que cette supposition ne devait pas être repoussée sans examen nouveau. J'ai constaté, en effet, que, lorsqu'on prend le sérum du sang veineux d'un animal bien portant du reste, l'injection de ce sérum dans le système circulatoire détermine un affaissement général, des hémorrhagies nombreuses, surtout dans

les reins, la vessie, les intestins, puis la mort. Peut-être le sang renfermait-il quelque agent toxique dont il se débarrasserait dans le poumon.

Il était nécessaire, pour voir si l'on devait s'attacher à cette supposition, de comparer les résultats obtenus en injectant séparément le sérum du sang artériel et celui du sang veineux. Cette expérience, je l'ai faite avec les mêmes résultats. Les accidents déterminés par l'injection du sérum artériel sont à peu près les mêmes que ceux produits par l'injection du sérum veineux. Il n'y avait dès lors pas lieu de s'attacher à poursuivre dans le sérum un poison qu'il abandonnerait dans l'acte respiratoire.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé le sujet. Nous avons seulement indiqué quelques vues nouvelles sur un point intéressant de la physiologie de la respiration, et présenté une théorie de l'asphyxie d'accord avec les faits observés.

Dans les prochaines séances nous aurons à vous présenter encore quelques considérations sur les phénomènes de l'intoxication gazeuse; après quoi nous aborderons l'étude de quelques alcaloïdes végétaux dont l'action physiologique nous présentera un autre ordre d'intérêt.

QUINZIÈME LEÇON.

2 MAI 1856.

SOMMAIRE : De l'asphyxie subite; mécanisme de la mort. — Mort anatomique et mort dynamique; expérience de Bichat. — Respiration artificielle rétablissant d'abord les actes mécaniques, puis les actes chimiques de la respiration. — De la perte de sensibilité constatée par l'exploration du globe oculaire.

MESSIEURS,

Nous avons commencé dans la dernière séance, entre les phénomènes de la combustion et ceux de la respiration, un parallèle qui vous a fait voir qu'on ne devait pas trop s'arrêter aux analogies qui longtemps ont fait regarder ces deux ordres de phénomènes comme identiques. Vous avez vu que dans un cas il y avait échange physique de gaz s'opérant sur des matériaux créés par la vie, et que dans l'autre on a affaire à une action chimique, à une fixation directe par voie de combinaison.

Rien n'est plus nuisible au progrès des sciences que la tendance naturelle qu'on a à se payer de comparaisons et à s'habituer aux idées ainsi acquises, à tel point que, lorsque l'idée première est abandonnée, les erreurs qui ont pu en être la conséquence lui survivent. Je tiens à vous montrer encore par une expérience combien, toute séduisante qu'elle était, la théorie primitive de Lavoisier était insuffisante; et si j'insiste autant sur ce point, c'est qu'il est remarquable que, bien