

TREIZIÈME LEÇON.

24 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : De la vapeur du charbon. — Diminution de volume d'un milieu confiné vicié par la respiration. — Du rôle de l'acide carbonique dans l'asphyxie. — Expériences. — Influences réunies de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone.

Messieurs,

Jusqu'ici l'oxyde de carbone et l'acide carbonique ont été envisagés par nous dans les effets qu'ils sont capables de produire en agissant isolément. Aujourd'hui, nous nous plaçons dans les conditions suivant lesquelles se produisent habituellement leurs effets toxiques, et nous étudierons l'empoisonnement par la vapeur de charbon.

La vapeur de charbon est un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone dans lequel entre bien aussi un peu d'hydrogène carboné, mais en proportion si faible qu'on peut n'en pas tenir compte. Ce dernier gaz est d'ailleurs peu vénéneux. Nous serons encore obligés ici de revenir sur une question inséparable de l'empoisonnement par la vapeur de charbon : celle de l'atmosphère limitée qui concourt toujours à déterminer les accidents qu'on remarque chez l'homme et qui, vous le savez, seraient presque toujours conjurés par une ventilation convenable.

Lorsqu'un animal est placé dans une atmosphère limitée, il se passe un phénomène que je n'ai pas vu signalé et qui cependant est extrêmement curieux. Lors-

qu'un animal respire à l'air libre, il y a sans doute compensation entre les gaz absorbés et les gaz expulsés. L'atmosphère se vicie et se renouvelle en même temps, mais son volume ne change sans doute pas. Dans un air confiné les choses ne se passent plus de même, l'atmosphère diminue de volume. Nous allons vous en rendre témoins par une expérience directe, puis nous chercherons à nous expliquer le mécanisme de cette diminution de volume.

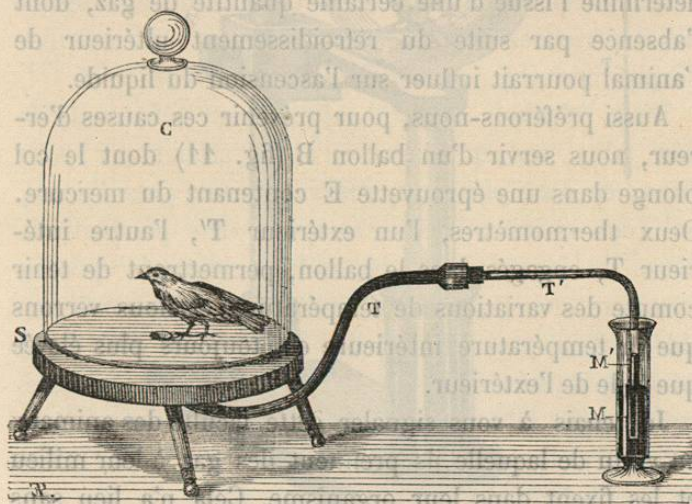


Fig. 10.

La platine S, sur laquelle est exactement appliquée cette cloche (fig. 10) est mise en communication par un tube recourbé TT' avec un vase M contenant une liqueur colorée avec de l'encre. L'oiseau que j'introduis sous la cloche échauffe d'abord l'air qu'elle renferme, et vous voyez des bulles sortir du tube et s'é-

chapper à travers le liquide. Bientôt, lorsque l'acide carbonique augmentera dans le milieu confiné où vit cet oiseau, vous verrez le liquide coloré monter dans le tube en M', ce qui indiquera une diminution du volume gazeux dans lequel vit cet oiseau.

Cet appareil présente quelques inconvénients :

1° L'ascension de l'eau dans le tube pourrait être attribuée à la dissolution de l'acide carbonique ;

2° La chaleur développée par l'arrivée du moineau détermine l'issue d'une certaine quantité de gaz, dont l'absence par suite du refroidissement ultérieur de l'animal pourrait influer sur l'ascension du liquide.

Aussi préférons-nous, pour prévenir ces causes d'erreur, nous servir d'un ballon B (fig. 11) dont le col plonge dans une éprouvette E contenant du mercure. Deux thermomètres, l'un extérieur T', l'autre intérieur T, engagés dans le ballon, permettront de tenir compte des variations de température, et nous verrons que la température intérieure est toujours plus élevée que celle de l'extérieur.

Je tenais à vous signaler cette faculté des animaux en vertu de laquelle ils prennent des gaz à leur milieu et les fixent dans leur organisme. Cela n'a lieu sans doute que lorsque le milieu est confiné.

Un linot est placé sur le mercure dans un ballon contenant 2097 centimètres cubes d'air (fig. 11). Le volume du gaz diminue successivement, et après la mort il n'en restait plus que 2018 : ce qui fait une diminution de 79 centimètres cubes pour le ballon, ou de 0°, 77 pour 100 centimètres cubes d'air.

On analysa le gaz restant de la manière suivante : On prit 156 parties de l'air contenu dans le ballon, on l'agita successivement avec de la potasse caustique et de l'acide pyrogallique. Après l'agitation avec la

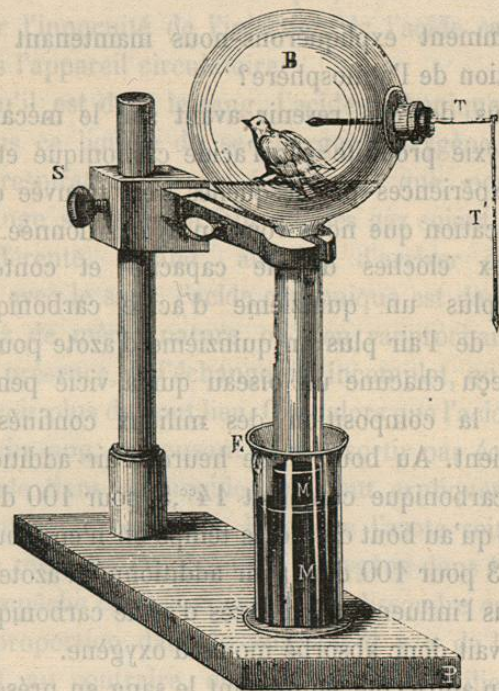


FIG. 11.

potasse, le volume primitif, 156, n'était plus que 139. Après l'agitation avec l'acide pyrogallique, le volume tomba de 139 à 130.

Ce qui donnait pour la composition en centièmes de l'air du ballon après la mort de l'animal :

Acide carbonique.....	10,89
Oxygène.....	5,76
Azote par différence.....	83,35
	<hr/>
	100,00

Comment expliquerons-nous maintenant cette diminution de l'atmosphère ?

Nous devons revenir avant sur le mécanisme de l'asphyxie produite par l'acide carbonique et rappeler des expériences par lesquelles s'est trouvée confirmée l'explication que nous vous en avons donnée.

Deux cloches d'égale capacité et contenant de l'air plus un quinzième d'acide carbonique pour l'une, de l'air plus un quinzième d'azote pour l'autre, ont reçu chacune un oiseau qui a vicié pendant une heure la composition des milieux confinés qu'elles formaient. Au bout d'une heure, l'air additionné d'acide carbonique contenait 14^{cc},5 pour 100 d'oxygène, tandis qu'au bout du même temps on n'en trouvait plus que 13 pour 100 dans l'air additionné d'azote.

Sous l'influence d'un excès d'acide carbonique, l'animal avait donc absorbé moins d'oxygène.

D'un autre côté, en mettant le sang en présence d'un mélange d'oxygène et d'acide carbonique, il prenait moins d'oxygène que lorsqu'on le mettait en présence de ce gaz seul. Fallait-il en conclure que l'obstacle apporté par l'acide carbonique tenait à sa grande solubilité, solubilité en vertu de laquelle il se substituerait à l'oxygène ?

Non, car on pourrait à cette interprétation objecter que l'acide carbonique injecté dans les veines devrait alors produire la mort, puisqu'en saturant le sang il lui aurait enlevé la faculté d'absorber de l'oxygène.

Or, Messieurs, vous savez que les faits ne sont pas d'accord avec cette vue théorique; vous avez tous pu constater l'innocuité de l'injection de l'acide carbonique dans l'appareil circulatoire.

Lorsqu'il est dans le sang, l'acide carbonique n'empêche pas ce liquide de se charger d'oxygène, parce que la respiration est un échange et que, pour que cet échange se fasse, il faut que les gaz soient de nature différente. Quand, au lieu d'arriver dans le poumon avec le sang, l'acide carbonique est dans l'air, deux gaz de même nature ou s'en rapprochant sont alors en présence, et l'échange est incomplet, ou même peut n'avoir plus du tout lieu. C'est alors que l'acide carbonique du sang, ne pouvant plus en sortir par échange, s'accumule dans ce liquide. On peut expliquer d'une façon analogue comment, bien que l'azote soit insoluble, le mélange de l'azote à l'oxygène dans l'atmosphère empêche ce dernier gaz de se dissoudre en aussi grande proportion dans le sang où il y a de l'azote.

Quand, au contraire, on place dans un milieu oxygéné un animal dans le tissu cellulaire ou dans le système circulatoire duquel on a injecté de l'acide carbonique, l'échange gazeux qui se fait dans le poumon est activé.

Revenons à l'animal qui vient d'être mis en expérience dans un milieu confiné. Il prend de l'oxygène

et rend de l'acide carbonique. Au bout d'un certain temps, cet acide carbonique qu'il rend par l'expiration devient pour lui une cause d'asphyxie. De sorte que l'acide carbonique s'accumule à la fois et dans l'air et dans son sang. D'où il résulte que l'atmosphère doit nécessairement diminuer par suite de la rétention dans le sang de l'animal, à l'état d'acide carbonique, d'une partie de l'oxygène pris à cette atmosphère.

Nous avons, hier, fait une expérience destinée à vérifier directement ces résultats et à en suivre la marche. Un oiseau fut placé dans une cloche de 1^{lit},120 de capacité, où il mourut au bout d'une heure quinze minutes. De temps en temps on prenait une petite quantité de cette atmosphère confinée pour en examiner la composition centésimale. Voici dans un tableau l'ensemble des observations recueillies : l'atmosphère était composée :

	Oxygène.	Acide carbonique.	Azote.
Au bout de 2 minutes par	20,919	0,511	78,59
— 12 — ...	17,904	1,851	80,245
— 27 — ...	12,805	5,488	81,707
— 53 — ...	9,323	11,017	79,660
— 75 — ...	6,321	12,70	81,609

Vous voyez par ce tableau que l'oxygène a constamment diminué et que l'acide carbonique a augmenté : ce qui n'a rien d'étonnant et pouvait se prévoir. Quant à l'augmentation relative de l'azote, elle prouve qu'il y a eu disparition de l'atmosphère et rétention dans l'animal, soit d'acide carbonique, soit d'oxygène.

Cette diminution de l'oxygène et l'augmentation de l'acide carbonique ne se font pas d'une manière conti-

nue. Dans les premiers moments, l'absorption de l'oxygène est peu considérable; puis, un instant après, lorsque le milieu commence à se charger d'acide carbonique, l'oxygène semble être pris en plus grande quantité, et son absorption diminue lorsque la proportion d'acide carbonique devient un peu notable et que son chiffre dans l'air s'élève de 7 à 9 pour 100.

Cette marche est celle que nous avons déjà observée en mettant, en dehors de l'animal vivant, le sang en contact avec des mélanges en diverses proportions d'oxygène et d'acide carbonique.

Quant à la marche de l'azote, bien qu'elle présente en définitive une augmentation sensible, on y trouve dans la quatrième observation une diminution qui reste à expliquer.

Nous vous avons dit que la présence de l'acide carbonique dans le milieu respiré avait pour effet de restreindre la dépense d'oxygène et d'amener un abaissement fonctionnel général qui diminue les exigences de l'organisme. Une expérience assez curieuse est venue nous donner de cette assertion une démonstration satisfaisante.

Nous avons vu qu'un oiseau étant près de succomber dans un milieu confiné chargé d'acide carbonique par sa respiration, on améliorerait considérablement son état en faisant passer sous la cloche un peu de potasse caustique.

Dès lors nous avons voulu voir si, mettant deux oiseaux sous des cloches d'égale capacité et ajoutant,

dans l'une des cloches seulement, un peu de potasse, l'oiseau ainsi débarrassé de l'acide carbonique qu'il produit vivrait plus longtemps que l'autre. Or, Messieurs, il est mort le premier; et lorsque le second est mort à son tour, on a remarqué, en les retirant des cloches, que celui qui avait succombé d'abord, dans un milieu privé d'acide carbonique, présentait une température beaucoup plus élevée que l'autre. Dans cette expérience, la présence de l'acide carbonique, en diminuant graduellement la dépense d'oxygène, avait amené l'organisme à un état de dépression qui comportait des exigences moindres. C'est pourquoi la vie a été prolongée. Dans la cloche où l'acide carbonique était enlevé, l'animal est mort par défaut d'oxygène pour en avoir pris, tant qu'il en a trouvé, une proportion plus notable. La composition des gaz restant dans les cloches n'a pas été prise.

Toutes ces actions, tenant à la limite du milieu, s'ajoutent aux influences délétères propres de la vapeur de charbon, de même que ce retour sur une question déjà traitée à un autre point de vue me paraissait nécessaire.

Quant à l'oxyde de carbone, vous savez encore qu'il agit sur les globules en produisant en même temps et leur conservation anatomique et l'anéantissement de leurs propriétés physiologiques. Il les paralyse en quelque sorte, et augmente l'obstacle que peut apporter l'acide carbonique à l'échange des gaz. Il en résulte que l'animal, dans ce cas, absorbe encore moins d'oxygène. L'oxyde de carbone seul n'agit donc pas

avec la même force que lorsqu'il est mélangé à l'acide carbonique, et les propriétés délétères d'un gaz éminemment toxique sont singulièrement augmentées par le fait de son mélange avec un gaz qui ne l'est pas.

Dans le but d'étudier les modifications qu'amène dans les éléments gazeux du sang l'asphyxie par un air limité, nous avons, ce matin, saigné un petit chien. Nous l'avons mis ensuite dans une atmosphère limitée, dans une cloche de 12 litres. Au moment où il allait y périr, nous l'avons saigné de nouveau: son sang ne paraissait pas beaucoup plus noir. Il était facile alors, en opérant séparément sur les deux saignées, de se rendre compte de la quantité d'acide carbonique que renfermait le sang de ce chien avant et après l'expérience.

Or on a trouvé:

Acide carbonique pour 100 volumes:

Avant l'asphyxie.....	2,88
Après l'asphyxie.....	4,55

Différence extrêmement tranchée et qui confirme pleinement la théorie par laquelle nous vous avons expliqué l'ensemble du phénomène.

Après toutes ces tentatives pour analyser la question, pour la décomposer en phénomènes élémentaires, il était intéressant de réunir les actions étudiées séparément, et de suivre les effets dans leurs rapports avec les proportions diverses des agents qui les produisent.

De nombreux tâtonnements seraient nécessaires pour arriver à déterminer les doses capables de pro-

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; avant 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