

d'un chien en digestion, ont été mis en contact avec les différents gaz que nous voulions examiner.

Comme ces gaz n'étaient pas purs, on a pris une certaine quantité de chacun d'eux pour en déterminer d'abord la composition; le résultat de ce premier essai a servi à établir la quantité de gaz étranger qui se trouvait mêlé au volume de gaz en expérience.

Le contact du gaz en expérience avec le sang ayant duré vingt-quatre heures, on en a pris une petite quantité dont on a fait l'analyse. Le résultat de cette seconde analyse a permis d'établir la modification de composition du gaz qui avait passé vingt-quatre heures au contact du sang.

Un nouveau calcul a dû alors être fait pour rectifier les résultats obtenus après le contact du sang, avec les données fournies par le premier essai : ce qui indiquait les conclusions à tirer des résultats de la seconde analyse.

Enfin, en multipliant par 5 chacun des chiffres rectifiés obtenus pour l'absorption et pour l'exhalation gazeuse, nous avons eu, en volume, les quantités des gaz absorbés ou exhalés pour 100 volumes de sang.

Comme nous vous l'avons dit, les gaz en expérience n'étaient pas purs; on s'en est assuré après coup en les traitant successivement par la potasse caustique pour les priver d'acide carbonique et par l'acide pyrogallique pour enlever l'oxygène. On voit dans le tableau suivant les proportions de gaz étrangers qu'ils renfermaient.

Nature et volume du gaz essayé.	Volume après potasse caustique.	Volume après acide pyrogallique.	Gaz étrangers.
Azote.....	28 <sup>cc</sup> ,5	28,5	28 oxygène.. 0,5
Hydrogène.....	23	23	23 »
Oxygène.....	24,7	24,7	2 azote.... 2
Acide carbonique.	20,4	0,2	» air..... 0,2
Oxyde de carbone.	25,4	25,4	24,8 oxygène.. 0,6

Différents volumes des gaz, dont le tableau précédent indique la composition, ont été laissés en contact avec 20 centimètres cubes de sang pendant vingt-quatre heures.

La température du mercure était de 11°<sup>5</sup>, et la hauteur barométrique, 0<sup>m</sup>,753.

Au bout de vingt-quatre heures, on a fait l'analyse des gaz qui étaient en contact avec le sang; en voici les résultats :

*Première expérience, avec de l'oxygène.* — 75 centimètres cubes d'oxygène sont mis en contact avec 20 centimètres cubes de sang.

Au moment du contact avec agitation, le sang devient rutilant. Deux heures après, il est encore rutilant et le volume du gaz n'a pas varié.

Au bout de vingt-quatre heures, le sang est toujours rutilant; la séparation du sérum est bien nette; quant au volume du gaz, il est toujours de 75 centimètres cubes.

L'analyse qu'on en a faite alors a porté sur un volume de 31<sup>cc</sup>,1, qui, après un traitement par la potasse caustique, est devenu 30<sup>cc</sup>,5, et après l'acide pyrogallique, 2<sup>cc</sup>,6.

Il y avait donc eu d'exhalé :

Acide carbonique.....	0,6
Azote.....	2,6

Mais il faut maintenant tenir compte de ce que l'oxygène employé n'était pas pur. Il conservait de l'azote dans la proportion de 2 centimètres cubes pour 24<sup>cc</sup>,7, soit 2<sup>cc</sup>,5 pour 31 centimètres cubes analysés après contact du gaz et du sang; ce qui réduit à 0<sup>cc</sup>,1 la proportion d'azote exhalée en réalité.

Les modifications de composition du gaz lorsqu'on les rapporte, non plus à 31<sup>cc</sup>,1, mais à 75 volumes, deviennent :

Acide carbonique exhalé.....	1,44
Azote exhalé.....	0,20

En retranchant des 75 centimètres cubes de gaz qui restent en présence du sang, les 1<sup>cc</sup>,44 d'acide carbonique et 0<sup>cc</sup>,20 d'azote, on trouve que les 20 centimètres cubes de sang ont absorbé 1<sup>cc</sup>,64 d'oxygène.

Rapportant tout à 100 centimètres cubes de sang agités en présence du gaz en expérience, et laissés ensuite au contact pendant vingt-quatre heures, on aurait :

Azote exhalé.....	1,00
Acide carbonique exhalé.....	7,20
Oxygène absorbé.....	8,20

*Deuxième expérience, avec l'oxyde de carbone.* — 35 centimètres cubes d'oxyde de carbone sont agités avec 20 centimètres cubes de sang.

Au moment de l'agitation, le sang est devenu ruti-

lant; au bout de deux heures, il l'est toujours, et le volume gazeux n'a pas varié.

Vingt-quatre heures après, le sang est rutilant, le sérum est bien séparé, le volume du gaz est toujours de 35 centimètres cubes. On en prend, pour l'analyse, 30<sup>cc</sup>,1, qui, traités par la potasse, se réduisent à 29<sup>cc</sup>,5, et, après le contact avec l'acide pyrogallique, deviennent, au bout d'une heure et demie, 28 centimètres cubes.

Les 30<sup>cc</sup>,1 de gaz ont donc abandonné :

Acide carbonique.....	0,6
Oxygène.....	1,5

Mais l'oxyde de carbone employé n'était pas pur, il contenait 0<sup>cc</sup>,4 d'oxygène pour 25<sup>cc</sup>,4, soit 0<sup>cc</sup>,71 pour les 30<sup>cc</sup>,1 analysés après contact du sang; ce qui réduit la proportion d'oxygène exhalée à 1<sup>cc</sup>,02.

Si l'on rapporte les chiffres trouvés au volume de 35 centimètres cubes, on trouve exhalés :

Acide carbonique.....	0,69	} = 1 <sup>cc</sup> ,8
Oxygène.....	1,19	

La somme 1<sup>cc</sup>,88 de ces volumes représente, puisque le volume total n'a pas changé, le volume de l'oxyde de carbone absorbé par les 20 centimètres cubes de sang.

Rapportant tous ces chiffres à 100 centimètres cubes de sang, on trouverait :

Oxygène exhalé.....	5,95
Acide carbonique exhalé.....	3,45
Oxyde de carbone absorbé.....	9,40

On n'a pas tenu compte ici de l'azote exhalé dont la présence dans le gaz analysé diminuerait, mais dans une faible proportion (voir expérience première), le

chiffre 9<sup>cc</sup>,40 de l'oxyde de carbone absorbé. On voit par ces résultats, que l'oxyde de carbone déplace l'oxygène du sang et produit son exhalation en même temps que celle d'un peu d'acide carbonique.

Les 20 centimètres cubes de sang, mis dans cette expérience en présence de l'oxyde de carbone, ont été conservés au contact d'une petite quantité de ce gaz restant dans la cloche. Le lendemain, on fit passer sous la cloche 36 centimètres cubes d'air, ce qui porta le volume total du gaz à 40 centimètres cubes.

Au bout de vingt-quatre heures, ce volume était toujours de 40 centimètres cubes.

24 centimètres cubes de ce mélange gazeux furent pris et essayés. La potasse caustique les réduisit à 23<sup>cc</sup>,50, que l'acide pyrogallique fit tomber à 19 centimètres cubes.

Le mélange renfermait donc, pour 24 centimètres cubes :

Acide carbonique.....	0,5
Oxygène.....	4,5

Or, les 40 centimètres cubes de gaz étaient composés de :

Air, 36 centim. cubes =	{	oxygène. 7 <sup>cc</sup> ,524
	{	azote..... 28 <sup>cc</sup> ,476

Plus, gaz resté sous la cloche, 4 centimètres cubes offrant, outre l'oxyde de carbone :

Oxygène.....	0 <sup>cc</sup> ,20
Acide carbonique.....	0,079

D'où il suit que 24 volumes de ce gaz contenaient, avant le mélange avec le sang :

Acide carbonique.....	0 <sup>cc</sup> ,047
-----------------------	----------------------

Après ce mélange, on en trouva 0<sup>cc</sup>,50.

Les 20 centimètres cubes de sang qui étaient restés vingt-quatre heures en présence de l'oxyde de carbone, puis vingt-quatre heures en présence de l'air, ont donc abandonné à ce dernier :

0<sup>cc</sup>,500 — 0<sup>cc</sup>,047 ou 0<sup>cc</sup>,453 d'acide carbonique.

Soit, pour 100 volumes de sang, une exhalation de 2<sup>cc</sup>,265 d'acide carbonique.

Pour les mêmes 40 centimètres cubes de gaz, la quantité d'oxygène était, avant la seconde épreuve :

7<sup>cc</sup>,524 + 0,199 = 7<sup>cc</sup>,723.

Soit, pour 24 centimètres cubes, 4<sup>cc</sup>,833 d'oxygène.

On en trouva, après la deuxième épreuve, 4<sup>cc</sup>,5.

Or 20 centimètres cubes de sang auraient donc absorbé :

4<sup>cc</sup>,833 — 4<sup>cc</sup>,5 = 0<sup>cc</sup>,333 d'oxygène.

Soit, pour 100 centimètres cubes de sang, 1<sup>cc</sup>,66 d'oxygène absorbé.

Cela prouve que le sang qui a été en contact avec l'oxyde de carbone n'a plus absorbé que 1<sup>cc</sup>,66 d'oxygène %, tandis qu'avant ce contact il en avait absorbé 8<sup>cc</sup>,20 %. L'oxyde de carbone diminue donc considérablement la propriété qu'a le sang d'absorber l'oxygène.

*Troisième expérience, avec l'azote.* — 41 centimètres cubes d'azote furent mis en contact avec 20 centimètres cubes de sang.

Après agitation, le sang resta noir. Deux heures plus tard, il offrait la même coloration, et le volume du gaz s'était élevé à 43 centimètres cubes.

Vingt-quatre heures après, le sang était toujours noir, le sérum surnageait. Le volume du gaz était resté 43 centimètres cubes.

On en examina 16 centimètres cubes que la potasse caustique réduisit à 15<sup>cc</sup>,7, et l'acide pyrogallique, au bout d'une heure et demie, à 15<sup>cc</sup>, 5.

Ce qui accusait dans les 16 centimètres cubes de gaz :

Acide carbonique.....	0,3 exhalés.
Oxygène.....	0,2 —

Soit pour 43 centimètres cubes :

Acide carbonique.....	0,8
Oxygène.....	0,5

Mais l'azote employé n'était pas pur : nous avons vu qu'il contenait 0<sup>cc</sup>,5 d'oxygène pour 28<sup>cc</sup>,5, soit pour les 41 centimètres cubes en expérience 0<sup>cc</sup>,72. Retranchant cette quantité de l'oxygène exhalé en apparence, il reste :

$$0,50 - 0,72 = - 0,22.$$

Loin d'avoir été exhalé, l'oxygène a donc été absorbé en quantité égale à 0<sup>cc</sup>,22.

Comme il y a eu, malgré l'absorption de 0<sup>cc</sup>,22 d'oxygène, une augmentation de volume de 2 centimètres cubes, que ne justifient pas les 0<sup>cc</sup>,5 d'acide carbonique exhalé, il faut admettre que l'azote a fourni la différence, soit :

$$2 \text{ centim. cubes} - (0,22 + 0,8) = 1,42.$$

On aurait donc pour 100 centimètres cubes de sang :

Acide carbonique exhalé.....	4,00
Azote exhalé.....	7,10

Le chiffre de l'oxygène absorbé n'aurait ici aucune signification, sa présence était accidentelle, et il se trouvait en trop faible quantité pour qu'on puisse du volume absorbé par 20 centimètres cubes de sang conclure rien qui aide à apprécier les conditions de la solubilité.

*Quatrième expérience, avec l'hydrogène.* — 48 centimètres cubes d'hydrogène sont mis en contact avec 20 centimètres cubes de sang, le sang reste noir. Après deux heures, il n'a pas changé de couleur et le volume du gaz n'a pas changé.

Vingt-quatre heures après, le sang est noir et le sérum mal séparé du caillot. Le volume du gaz est devenu 49 centimètres cubes.

On prend pour l'analyse 33<sup>cc</sup>,6, que la potasse caustique réduit à 32<sup>cc</sup>,9, et que l'acide pyrogallique ne diminue pas.

Le gaz était pur : il y a donc eu 0<sup>cc</sup>,7 d'acide carbonique exhalé, soit 1<sup>cc</sup>,02 pour les 49 centimètres cubes de gaz existant dans la cloche : ce qui représente assez exactement l'augmentation de volume observée dans ce gaz. Y a-t-il eu exhalation d'azote et absorption d'hydrogène? C'est ce qui n'a pas été examiné.

Ce chiffre de 1<sup>cc</sup>,02 représentant l'acide carbonique exhalé par 20 centimètres cubes de sang, on aurait, pour 100 centimètres cubes de sang, exhalation de 5<sup>cc</sup>,10 d'acide carbonique.

*Cinquième expérience, avec l'acide carbonique.* — 33 centimètres cubes d'acide carbonique sont ajoutés

à 20 centimètres cubes de sang. On agite, le sang devient noir ; et, deux heures après, le volume du gaz est réduit à 19 centimètres cubes.

Vingt-quatre heures après, le sang est toujours noir et le sérum bien séparé ; le volume du gaz est toujours 19 centimètres cubes.

On analyse 8<sup>cc</sup>,7 de gaz, que la potasse caustique réduit à 0<sup>cc</sup>,6, puis l'acide pyrogallique à 0<sup>cc</sup>,5.

Ce qui donne pour les 8<sup>cc</sup>,7 analysés :

Acide carbonique.....	8,1
Oxygène.....	0,1
Azote.....	0,5

On a pour les 19 centimètres cubes qui se trouvent en présence du sang :

Acide carbonique.....	17,689
Oxygène.....	0,218
Azote.....	1,092

C'est-à-dire 1<sup>cc</sup>,31 de gaz insoluble dans la potasse.

Or, l'acide carbonique en expérience n'était pas pur, il contenait 0<sup>cc</sup>,2 d'air pour 20<sup>cc</sup>,4, soit 0<sup>cc</sup>,32 pour les 33 centimètres cubes agités avec le sang.

Les 19 centimètres cubes de gaz qui n'ont pas été absorbés par le sang renfermant 1<sup>cc</sup>,31 de gaz insoluble dans la potasse, on voit que ce gaz a augmenté d'une quantité :

$$1^{\text{cc}},31 - 0^{\text{cc}},32 = 0^{\text{cc}},99 \text{ exhalée par le sang.}$$

Les 0<sup>cc</sup>,32 d'air contenus dans le gaz avant l'expérience renfermaient :

Oxygène.....	0,064
Azote.....	0,256

Retranchant ces quantités de celles qui se retrouvent dans 1<sup>cc</sup>,31 de gaz non absorbé par la potasse, existant après l'expérience, on trouve :

Oxygène.....	0,154
Azote.....	0,736

La quantité d'acide carbonique absorbé s'estimera en tenant compte : 1° des 14 centimètres cubes de gaz qui ont disparu pendant le contact avec le sang ; 2° des 0<sup>cc</sup>,890 qu'on obtient en ajoutant les volumes 0<sup>cc</sup>,154 et 0<sup>cc</sup>,736 de l'oxygène et de l'azote exhalés. On trouve ainsi que 20 centimètres cubes de sang ont absorbé 14<sup>cc</sup>,890 d'acide carbonique.

Soit, pour 100 centimètres cubes de sang, 74<sup>cc</sup>,45. Le même calcul donnerait pour 100 centimètres cubes de sang une exhalation de : azote, 3<sup>cc</sup>,621, et oxygène, 0<sup>cc</sup>,77. Mais les conditions de l'expérience montrent que ce dernier résultat étendu à 100 centimètres cubes de sang n'a aucune signification et qu'il n'est que la constatation d'un accident expérimental dans des conditions toutes particulières ; de telle sorte qu'on peut négliger et regarder comme à peu près nulle l'exhalation d'oxygène.

Nous avons dit, en commençant, qu'au moment où les gaz avaient été mélangés au sang, la hauteur barométrique était 0<sup>m</sup>,753, et la température, 11°5.

Vingt-quatre heures après, quand on a fait les analyses, la pression était devenue 0<sup>m</sup>,744, et la température, 13 degrés.

D'après ce que nous avons dit dans cette leçon, on

voit que l'oxyde de carbone est un gaz éminemment toxique. D'après les expériences que nous avons données en dernier lieu, si leur résultat se confirme, on voit que ce gaz, quoique peu soluble, est absorbable dans le sang beaucoup plus que dans l'eau. Enfin nous voyons que, bien que l'oxyde de carbone donne au sang une belle couleur rutilante artérielle, il lui communique cependant en même temps des propriétés vénéneuses qui tuent par un mécanisme que nous étudierons dans la prochaine leçon.

## ONZIÈME LEÇON.

18 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : Le sang devient rutilant au contact de l'oxyde de carbone, et cette coloration persiste. — L'oxyde de carbone tue et empêche le sang artériel de devenir veineux : il paralyse les globules et met obstacle aux échanges gazeux dont ils sont les agents. — Théories par lesquelles on a cherché à expliquer les effets de ce gaz.

MESSIEURS,

Depuis la dernière leçon, nous avons complété la série des expériences qui peuvent établir l'innocuité de l'oxyde de carbone introduit lentement dans le système veineux général par absorption ou directement en l'injectant. Nous avons introduit 16 centimètres cubes de ce gaz dans le tissu cellulaire d'un lapin, et 32 centimètres cubes dans la plèvre d'un chien. Ces animaux n'ont aucunement souffert de l'opération et n'en ont éprouvé aucun symptôme fâcheux.

Aujourd'hui, nous aborderons la théorie de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, sur le mécanisme duquel nous insisterons particulièrement.

Déjà, en mettant dans des éprouvettes du sang en contact avec l'acide carbonique et avec l'oxyde de carbone, nous avons vu ce sang devenir noir dans le premier cas, et devenir rutilant dans le second. De plus, l'acide carbonique a été absorbé par le sang qui en a pris quelquefois un volume égal au sien tandis que l'oxyde de carbone l'a été relativement beaucoup moins.