

## CARBONE (Oxyde de).

part sont mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, et tous ont des chaleurs spécifiques élevées. Ceci permet aux organismes, tout en ayant relativement peu de masse de supporter plus facilement et de ne subir que peu à peu les variations calorifiques électriques du milieu extérieur, et de dépenser beaucoup d'énergie, sans abaisser beaucoup leur température. »

Enfin il y a lieu de supposer, d'après la théorie mécanique de la chaleur, que les atomes légers, en s'accumulant en très grand nombre, donnent naissance à des molécules que la chaleur disloque beaucoup et chauffe peu. Nous aurions là un des facteurs essentiels de cette instabilité chimique qui caractérise le protoplasme vivant (*Biol. Centralblatt*, 1887, 22).

**CARBONE (Oxyde de) (CO).** — Découvert par PRIESTLEY au siècle dernier.

L. F.

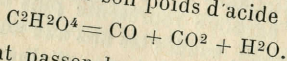
L'oxyde de carbone se produit par la combustion du charbon en présence d'une quantité insuffisante d'oxygène, par la réduction à chaud de l'anhydride carbonique (CO<sup>2</sup>) par le charbon, les métaux, etc. On doit donc s'attendre à le rencontrer dans l'atmosphère des locaux chauffés par des réchauds ou des poêles à tirage défectueux, dans celle des établissements métallurgiques où l'on réduit des oxydes métalliques par le charbon, ou dans les travaux de mine après l'emploi d'explosifs. Il se forme également par l'action de la vapeur d'eau sur le coke ou le charbon de bois chauffé au rouge (gaz à l'eau), et par la distillation sèche d'un grand nombre de combinaisons organiques. C'est un des constituants du gaz d'éclairage (10 p. 100 de CO et davantage), lequel lui doit ses propriétés toxiques. Il existe fréquemment en quantité notable (dans les hydrocarbures préparés artificiellement. D'après BOUSSINGAULT, l'acide pyrogallique et la potasse en solution concentrée peuvent dégager une trace d'oxyde de carbone.

FOKKER (*J. P.*, XIV, 376) a constaté que la fumée du tabac peut contenir jusqu'à 5 à 10 p. 100 de CO.

Les produits de la combustion normale du gaz d'éclairage ne semblent pas contenir d'oxyde de carbone (GRÉHANT, *B. B.*, 1889, 348).

**Préparation.** — Quand on n'a besoin que de petites quantités d'oxyde de carbone, par exemple pour démontrer l'action de ce gaz sur l'hémoglobine, on peut prendre le gaz d'éclairage.

Ainsi, pour préparer de l'hémoglobine oxycarbonée, il suffit de faire barboter le gaz d'éclairage pendant un certain temps à travers une solution de sang ou d'hémoglobine. On prépare ordinairement l'oxyde de carbone en chauffant dans un matras de l'acide oxalique cristallisé avec cinq à six fois son poids d'acide sulfurique concentré.



On absorbe CO<sup>2</sup> en faisant passer le mélange gazeux à travers plusieurs flacons laveurs contenant de la lessive de soude ou de potasse, et finalement un flacon d'eau de baryte. On chauffe modérément.

On obtient également de l'oxyde de carbone à peu près exempt de CO<sup>2</sup>, en chauffant de l'acide formique ou des formiates en présence d'acide sulfurique, ou bien un mélange d'une partie de ferro-cyanure de potassium et de huit à dix parties d'acide sulfurique. Il ne faut pas chauffer au delà de la liquéfaction complète du mélange. On lave le gaz sur de la soude.

**Propriétés.** — Gaz incolore, inodore, insipide, neutre. Densité 0,96709 (air = 1), 14 0,00081632 t + 0,00001642 t<sup>3</sup> de CO d'après BUNSEN (0,024 ou 1/40 de son volume à 15°, 0,02312 à 20°). D'après CARIUS, 1 vol. d'alcool dissout 0,20443 vol. CO entre 0 et 25°.

D'après WINKLER (*Z. p. C.*, 1892, IX, 171), le coefficient de solubilité de CO dans l'eau distillée est 0,02337 à 19,6°. La solubilité de CO dans les solutions d'hémoglobine est moindre (0,02096 à 19,6°) d'après HÜFNER (*A. P.*, 1893, 309).

L'oxyde de carbone conserve son état gazeux à la température de 29° et à la pression de 300 atmosphères. Mais, si on le détend subitement, ce qui doit produire une température d'au moins 200° au-dessous du point de départ, on voit apparaître immédiatement un brouillard intense produit par la liquéfaction, ou peut-être par la solidification du gaz (CAILLETET, *C. R.*, LXXXV, 1213, 1217).

La formation de l'oxyde de carbone par l'union de C et O dégage 30,150 calories d'après THOMSEN (*Deutch. chem. Gesells.*, 1873, 1533; *Bull. Soc. Chim.*, Paris, XXI, 442); celle de l'anhydride carbonique par l'union de CO+O dégage 66,810 calories, d'après THOMSEN; 68 calories d'après BERTHELOT (*Bull. Soc. Chim.*, Paris, XXXI, 227).

**Combinaisons.** — Nous ne citerons, parmi les combinaisons de l'oxyde de carbone, que celles qui présentent de l'intérêt au point de vue des physiologistes.

L'oxyde de carbone se combine avec les sels cuivreux (LEBLANC, *C. R.*, XXX, 488), notamment avec le chlorure. Cette propriété est mise à profit dans l'analyse volumétrique des gaz.

Il se combine avec le nickel pour former le *Nickelcarbonyle*, substance toxique étudiée par HANRIOT et CH. RICHET (*B. B.*, 1891, 185 et 212).

L'oxyde de carbone se combine avec l'hémoglobine.

**Hémoglobine oxycarbonée.** — L'hémoglobine forme avec l'oxyde de carbone une combinaison analogue à l'hémoglobine oxygénée, mais plus stable que cette dernière (CL. BERNARD. *Leçons sur les effets des substances toxiques*. Paris, 1857. HOPPE-SEYLER *A. A. P.*, XI, 288, 1857, et XIII, p. 104, 1858. LOTHAR MEYER (*De oxydo carbonico*, *Dißs*. Breslau, 1858). D'après HÜFNER (*A. P.*, 1894, p. 120), 1 gramme d'hémoglobine de bœuf absorbe ainsi 1,338 cent. cubes de CO (à 0° et 760 P), c'est-à-dire le même volume que le volume d'oxygène absorbé pour former l'oxyhémoglobine. (Théoriquement 1,34 centimètres cubes, étant donné que l'hémoglobine du bœuf contient 0,336 p. 100 de fer). JOHN MARSHALL (*Z. p. C.*, VII, 81) avait trouvé 1,205 centimètres cubes (à 0° et 1 m. P.), KÜLZ (*Z. p. C.*, VII, 384), 1,254 centimètres cubes de CO (à 0° et 1 m. P.).

Si l'on traite de l'hémoglobine oxygénée par CO, ce dernier gaz se substitue volume à volume à l'oxygène qui est mis en liberté.

CL. BERNARD avait mis cette propriété à profit pour l'extraction de l'oxygène du sang.

La combinaison oxycarbonée est à son tour décomposée, si on la traite par le protoxyde d'azote; et l'oxyde de carbone est remplacé volume à volume par ce gaz (PONOLINSKI. *A. g. P.*, VI, 553, 1872). Par contre, l'hémoglobine oxycarbonée résiste à l'action de H<sub>2</sub>S, tandis que l'oxyhémoglobine est décomposée et fournit une combinaison à teinte verdâtre (E. SALKOWSKI, *Z. p. C.*, VII, 114, 1883).

On peut dire d'ailleurs d'une façon générale que l'hémoglobine oxycarbonée est une combinaison plus stable que l'oxyhémoglobine. TH. WEYL et ANREP (*C. W.*, 1880, n° 41 et *A. P.*, 1880, 227) ont constaté que l'hémoglobine oxycarbonée résistait mieux que l'hémoglobine oxygénée aux agents d'oxydation. Ainsi le sang ordinaire ou l'oxyhémoglobine additionné de quelques gouttes d'une solution diluée (0,025 p. 100) de permanganate de potassium, se décolore, devient jaune-verdâtre et montre la bande de la méthémoglobine. L'hémoglobine oxycarbonée reste rouge au contact de la solution de caméléon et ne montre pas la bande de la méthémoglobine. Ils ont proposé d'utiliser cette réaction dans la recherche de l'oxyde de carbone dans le sang.

Les mêmes auteurs ont affirmé que CO se combinait également à la méthémoglobine, ce que H. BERTIN-SANS et MOITESSIER ont contesté (*C. R.*, CXIII, 210, 1892). Ces derniers assurent que, si l'on transforme l'hémoglobine oxycarbonée en méthémoglobine (par l'action du ferricyanure de potassium en poudre à + 40°), il suffit de soumettre le mélange au vide, pour recueillir immédiatement l'oxyde de carbone qui s'échapperait aussi facilement que si le gaz était simplement absorbé dans l'eau. BERTIN-SANS et MOITESSIER ont même basé sur ce fait un procédé de recherche de CO dans le sang. On fait barboter lentement les gaz extraits par le vide du sang traité par le ferricyanure, à travers un tube de CLOEZ contenant un peu d'hémoglobine qui absorbe CO. De cette façon ils purent constater la présence de CO dans 400 centimètres cubes de sang qui avaient été mélangés avec 1/15 de sang oxycarboné.

On a cru pendant longtemps que l'hémoglobine oxycarbonée était une combinaison entièrement stable; sa dissociation par l'action du vide, par celle d'un courant de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, avait été niée par NAWROCKI, par POKROWSKI, etc.

DONDERS (*A. g. P.*, v, 20, 1872. Voir aussi ZUNTZ. *Ibid.*, v, 584, 1872) a montré le premier que l'hémoglobine oxycarbonée était, comme l'hémoglobine oxygénée ou comme le bicarbonate de sodium, une combinaison dissociable par l'abaissement de la tension de CO; la courbe de l'absorption de CO par l'hémoglobine en fonction de la

tension de ce gaz monte presque verticalement de 0 à 1,2 centimètres cubes par gramme d'hémoglobine, pour une pression de 0 à 1 millimètre de mercure de pression. A partir de cette pression la courbe est presque horizontale.

Cette courbe a été déterminée directement par HÜFNER et R. KÜLZ (*ib. P. XIII*, 98 et XIV, 120) pour des solutions d'hémoglobine. Ces expérimentateurs ont employé la méthode spectro-photométrique pour déterminer les proportions relatives d'hémoglobine oxycarbonée et d'hémoglobine oxygénée qui se forment au contact d'atmosphères plus ou moins riches en CO. Une atmosphère contenant 0,14 p. 100 de CO transforme la moitié de l'hémoglobine en hémoglobine oxycarbonée. BOCK (*C. P.*, VIII, 1894, 385) a fait des déterminations analogues au moyen de l'absorptiomètre de BOHR et publié également une courbe de dissociation. Pour la comparaison entre la courbe de dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée et de l'hémoglobine oxygénée, en fonction de la tension de CO, et de O<sup>2</sup>, voir BOCK, VIII, 386, 1894, HÜFNER, A. P., 1895, 222.

Il suffit de 0,07 p. 100 de CO pour transformer le tiers de l'hémoglobine en combinaison oxycarbonée.

H. DRESER (A. P. P., XXIX, 119, 1891) s'est également servi du spectro-photomètre de HÜFNER pour déterminer simultanément dans le sang la proportion d'hémoglobine oxygénée et d'hémoglobine oxycarbonée. Chez le lapin, la mort par CO survient lorsque la capacité respiratoire du sang est tombée à 30 p. 100 de sa valeur normale.

Il résulte de ce qui précède que la proportion d'hémoglobine oxycarbonée que contient le sang d'un animal dépendra de la proportion d'oxyde de carbone contenue dans l'air qu'il respire. C'est ce que les expériences de GRÉHANT (*B. B.*, 1892, 163) ont montré de la façon la plus nette. GRÉHANT a constaté que le sang de chiens qui ont respiré des mélanges gazeux renfermant 1/1000, 1/2000, 1/3000, 1/4000 de CO, contient respectivement 5,3, 2,8, 1,7, 1,3 et 0,5 centimètres cubes CO p. 100 centimètres cubes de sang (proportionnalité directe, comme si l'absorption de CO par le sang obéissait à la loi de DALTON-HENRY).

GRÉHANT (*B. B.*, 17 mars 1894, 251) a constaté également que, plus le mélange respiré est pauvre en CO, plus il faut de temps pour que l'équilibre entre le sang et l'air, c'est-à-dire la constance de la teneur du sang en CO soit atteint. Cette constance se montre au bout d'une heure pour une atmosphère contenant 1 : 1000 CO; il faut une demi-heure pour 1 : 5000 CO; 2 heures pour 1 : 10000 CO.

Il résulte également de ce qui précède que l'hémoglobine oxycarbonée doit se dissocier peu à peu, et l'oxyde de carbone être éliminé à l'extérieur chez les animaux que l'on replace dans de l'air pur, exempt de CO, après un empoisonnement non mortel par ce gaz (Voir plus loin *Empoisonnement par CO*).

**Spectre d'absorption de l'hémoglobine oxycarbonée.** — Le spectre d'absorption des solutions diluées (sol. couleur fleur de pêcher) d'hémoglobine oxycarbonée présentent entre D et E deux bandes d'absorption rappelant celles de l'hémoglobine oxygénée. La différence la plus apparente entre les deux spectres, c'est que pour l'hémoglobine oxycarbonée la première bande d'absorption  $\alpha$  ne s'étend pas jusque contre D, comme c'est le cas pour l'hémoglobine oxygénée, mais s'arrête à une petite distance de D, de sorte qu'entre la bande  $\alpha$  et D, on aperçoit la partie jaune du spectre. LÜSSEN recommande d'examiner les deux spectres simultanément de manière à les comparer directement. Il serait facile de cette façon de reconnaître la présence de l'hémoglobine oxycarbonée dans du sang qui a été agité avec de l'air contenant 1 : 1800 de CO (*Zeit. f. klin. Med.*, IX, 397, 1885).

D'après JADERHOLM (*Nordiskt medicinskt Arkiv*, VI, nos 11 et 21, 1875 et VIII, n° 12, 1877) le milieu de la bande  $\alpha$  correspond pour l'oxyhémoglobine à la longueur d'onde 577 1/2; pour l'hémoglobine oxycarbonée, à 572. La bande  $\beta$  correspond à 539 1/2 pour l'oxyhémoglobine et à 532 pour l'hémoglobine oxycarbonée (d'après ANGSTROM, D = 5892 et E = 5269).

Mais le diagnostic spectroscopique des hémoglobines oxycarbonée et oxygénée devient facile si l'on emploie un agent de réduction. Une goutte de solution incolore de sulfure d'ammonium ou de liqueur (de STOKES (tartrate ferreux) provoque au bout de quelques minutes (une demi-heure au plus tard) la réduction de l'oxyhémoglobine et l'apparition de la bande unique de l'hémoglobine réduite, tandis que l'hémoglobine oxycarbonée

résiste à cette épreuve et que les deux bandes d'absorption y persistent. La conservation en vase clos peut servir à établir la même distinction.

Si l'on enferme dans un tube scellé une solution d'oxyhémoglobine, elle ne tarde pas à se réduire par l'action de la putréfaction. Au bout de peu de jours, elle ne montre plus que la bande unique de l'hémoglobine réduite. Dans les mêmes conditions, l'hémoglobine oxycarbonée se conserve indéfiniment, résiste à la putréfaction et continue à montrer les deux bandes d'absorption caractéristiques (HOPPE-SEYLER, *Z. p. C.*, I, 121, 1877).

**Produits de clivage de l'hémoglobine oxycarbonée.** — Comme on le sait, l'hémoglobine oxygénée se décompose sous l'influence des alcalis, des acides, etc., d'une part en une substance albuminoïde, d'autre part, en une matière colorante ferrifère brune, l'hématine; l'hémoglobine oxycarbonée fournit dans les mêmes conditions une matière colorante rouge (HOPPE-SEYLER, 1858), l'hématine oxycarbonée ou plus correctement l'hémochromogène oxycarboné à spectre d'absorption caractéristique (Voir JADERHOLM, *Nordiskt med. Arkiv.*, VI, 1875 et HOPPE-SEYLER, *Z. P. C.*, XIII, 477). Cette réaction est mise à profit dans les recherches médico-légales concurremment avec l'examen spectroscopique.

D'après HOPPE-SEYLER, il faut traiter le sang par deux fois son volume d'une solution de soude d'une densité de 1.30. Il se forme un précipité d'un beau rouge pour l'hémoglobine oxycarbonée.

E. SALKOWSKI (*Z. p. C.*, XII, 227) recommande de modifier la réaction de HOPPE-SEYLER, de la façon suivante. On dilue le sang avec vingt volumes d'eau distillée, une partie du mélange est additionnée d'un égal volume de soude d'une densité de 1,34 : flocons rouges, puis liquide rouge dans le cas de CO, flocons ou liquide brun dans le cas d'hémoglobine ordinaire.

Un grand nombre d'autres réactifs produisent des précipités rouges (hémochromogène oxycarboné) dans les solutions d'hémoglobine oxycarbonée et des précipités bruns (hématine ordinaire) dans les solutions d'hémoglobine oxygénée (Voir : KATAYAMA, *A. A. P.*, CXIV, 53. — WELZEL, *Jb. P.*, XIX, 109. — KUNKEL, *Ibid.*, XVII, 66).

ZALESKI (*Jb. P.*, XV, 153) recommande de rechercher CO dans le sang par le procédé suivant : on dilue 2 centimètres cubes de sang avec un égal volume d'eau, et l'on ajoute un petit nombre de gouttes (3 gouttes d'une solution de sulfate de cuivre saturée au 3/4) d'un sel cuivrique. Il se produit un précipité rouge brique, tandis que l'hémoglobine oxygénée fournit un précipité brun chocolat.

(Voir aussi H. BERTIN-SANS et MOITESSIER. Action de l'oxyde de carbone sur l'hématine réduite. *C.R.*, CXVI, 591, et *Bull. Soc. Chim.*, Paris, 3 septembre 1893.)

Pour extraire CO du sang ou de l'hémoglobine oxycarbonée, GRÉHANT traite le sang dans le vide par deux fois son volume d'acide sulfurique concentré ou par un excès d'acide acétique et chauffe au bain-marie, puis traite par l'ébullition et le vide et recueille les gaz qui se dégagent.

**Empoisonnement par l'oxyde de carbone.** — L'oxyde de carbone est un gaz extrêmement toxique. Sa toxicité s'explique par la formation de l'hémoglobine oxycarbonée; elle dépend de la tension de CO dans l'air respiré par l'animal. Une fois unie au gaz CO, l'hémoglobine est momentanément perdue pour l'acte respiratoire.

DRESER admet que, chez le lapin, la mort arrive quand la capacité respiratoire est réduite à 30 p. 100.

GRÉHANT a montré que la respiration d'un air contenant 1/275 de CO est mortelle pour le chien; pour le moineau 1/450 suffirait à produire la mort, tandis que, pour tuer un lapin, il faudrait 1/70 de CO (*C. R.*, LXXXVI, 895; LXXXVII, 193; XCI, 858; CVI, 289. *Gaz. méd.*, Paris, 1878, 435, 529; 1879, 472; 1880, 668).

GRÉHANT a constaté également que, chez le chien empoisonné par l'oxyde de carbone, la capacité respiratoire du sang est réduite de 25 centimètres cubes à 5 centimètres cubes (*B. B.*, 1892, 164).

D'après BIEFEL et POLAK (*Z. B.*, XVI, 879) une atmosphère contenant 1 à 2 p. 100 de CO tue le lapin en 10 à 60 minutes. MAX GRUBER a constaté que le lapin peut résister plusieurs heures dans une atmosphère contenant 0,35 p. 100 de CO (MALY, XV, 375).

DRESER (*A. P. P.*, XXIX, 119) admet que la dose mortelle pour 1 kilogramme de lapin est de 0<sup>sr</sup>,0115 de CO; ce qui, pour un homme de 70 kilogrammes, correspondrait à 0<sup>sr</sup>,805 de CO.

D'après HEMPEL, 0,05 de CO suffirait déjà pour provoquer les symptômes d'empoisonnement.

GRUBER admet que l'homme peut respirer sans inconvénient pendant trois heures de l'air contenant 0,021 à 0,024 p. 100 de CO.

GRÉHANT (*Gazette méd. de Paris*, 1871, 15, B. B., 4 juin 1871) a montré que CO apparaît dans le sang en quantité notable (4,3 p. 100 en volume) quelques secondes après l'inhalation de ce gaz, et qu'après 1'30" d'inhalation le sang pouvait déjà en contenir 18,4 p. 100 en volume.

Les symptômes de l'empoisonnement aigu par l'oxyde de carbone rappellent entièrement ceux de l'asphyxie et paraissent devoir être rapportés à la même cause : le manque d'oxygène des centres nerveux, dû à ce fait que l'hémoglobine oxycarbonée est devenue impropre à la respiration : dyspnée intense, convulsions, exophtalmie, dilatation des pupilles, variations de la pression sanguine et du rythme cardiaque très analogues à celles de l'asphyxie simple (Voir TRAUBE. *Ges. Beitrage z. Path. u. Physiol.*, 1, 329; POKROWSKY. *Arch. f. Anal. u. Physiologie*, 1866, 59).

Chez l'homme, l'empoisonnement suit en général une marche lente (empoisonnement par « la vapeur de charbon »). Dyspnée peu marquée, pas de convulsions, céphalalgie, vertiges, malaise, souvent vomissements, hallucinations, perte de connaissance. L'empoisonnement par CO provoque la glycosurie (JEANNERET. *L'urée dans le diabète artificiel*. Berne, 1872), l'azoturie (exagération de l'usure organique).

KAST (Z. p. C.) constate que l'élimination du chlore par les urines diminue notablement pendant l'empoisonnement par CO chez les animaux normaux, tandis que les animaux nourris au moyen d'aliments pauvres en chlore montrent, sous l'influence de CO, une augmentation notable des chlorures de l'urine (H. FRIEDBERG. *Die Vergiftung mit Kohlendunst*, Berlin, 1866).

L'empoisonnement par CO diffère de l'asphyxie en ce que, dans les cas de mort, le sang présente une belle couleur rouge, et que, dans les cas de guérison, la guérison complète est fort lente; l'empoisonnement non mortel peut même laisser comme traces durables des paralysies, spécialement des paralysies vaso-motrices, parfois même des maladies des centres nerveux (Voir HERMANN, *Toxicologie*).

Dans le cas d'empoisonnement non mortel, l'hémoglobine oxycarbonée du sang se dissocie peu à peu à partir du moment où l'individu respire de l'air frais. Cette dissociation, admise par DONDERS, a été démontrée par GRÉHANT (C. R., LXXVI, 233, 1873; CH, 825; B. B., 1886, 166, 182), OECHSNER DE CONINCK (B. B., 1886, 202), G. GAGLIO (Jb. P., XVI, 403) et d'autres.

Ces expérimentateurs ont retrouvé, dans l'air de l'expiration, la presque totalité de CO absorbé par le sang, et rejettent par conséquent l'idée d'une oxydation de ce gaz dans l'organisme. DYBKOWSKY (HOPPE-SEYLER *Med. chem. Unters.*, I, 117), CHENEAU, POKROWSKY (A. P. P., XXXVI, 482), EDWIN KREIS (A. g. P., XXVI, 425, 1884), GRUBER (MALY, Jb., XV, 375), L. DE SAINT-MARTIN (C. R., CXII, 1232; CXV, 835; CXVI, 260) admettent au contraire qu'une partie de CO s'oxyde dans le sang et disparaît en se transformant en CO<sup>2</sup>.

FRANKE et MARTHEW (A. A. P., (13), VI, 3, 335; 1894) constatent une augmentation notable de la destruction des albuminoïdes du corps (augmentation de l'urée) sous l'influence de l'empoisonnement par CO. C'est un point de ressemblance de plus entre cet empoisonnement et l'asphyxie simple par privation d'oxygène.

DRESER a constaté également la prompte élimination de CO après un empoisonnement non mortel (capacité respiratoire tombée à 40 p. 100). Au bout de vingt minutes la capacité respiratoire remonte à 73 p. 100 : elle atteint 90 p. 100 au bout de deux heures.

L'élimination de CO est accélérée par la respiration d'oxygène pur.

L'oxyde de carbone n'a pas d'action sur les nerfs ni sur les muscles de la grenouille (POKROWSKY, A. P. P., XXXVI, 482; HERMANN, *Unters. Stoffw.* Musk. Berlin, 1867); il ne suspend ni les battements du cœur de la grenouille (CASTELL, A. A. P. 1854, 226; SCHIEFFER, *De gazorum quorundam in cordis actionem efficacitate*, Diss. Berol., 1863; KLEBS. A. A. P., XXXII), ni les mouvements des cils vibratils (KÜHNE, *Arch. f. Mikr. Anat.*, II, 372); A. MARCACCI (A. i. B., XIX, 140; C. P., VII, 466) admet que l'oxyde de carbone exerce une action excitante sur les voies respiratoires et provoque la syncope par voie réflexe.

L'oxyde de carbone agit fort lentement sur les vertébrés à sang froid.

Il est douteux qu'il exerce une action nuisible sur les invertébrés dont le sang ne contient pas d'hémoglobine.

CL. BERNARD (*Leçons sur les subst. toxiques*, 200) avait vu la germination s'arrêter par l'action d'une atmosphère contenant 1/6 de CO. D'après LINOSSIER (*Mémoires Soc. Biologie*, 1890), la germination du cresson serait ralentie par 50 p. 100 de CO, mais non arrêtée complètement par 79 p. 100. LINOSSIER admet que CO exerce, à côté de son action sur le sang, une action toxique spécifique sur d'autres organes, par exemple sur le système nerveux.

Une grenouille meurt plus vite (en moins de deux heures) dans l'oxyde de carbone que dans l'hydrogène (huit heures). Un escargot peut vivre longtemps dans une atmosphère contenant 10 p. 100 de CO, mais meurt au bout de quelques jours dans des mélanges d'air et d'oxyde de carbone contenant de 20 à 80 p. 100 de CO.

GRÉHANT et QUINQUAUD (*C. R.*, xcvi, 330; *B. B.*, 1883, 502) ont constaté le passage de CO du sang de la mère (chiennne) à celui du fœtus.

FALK (cité *Jb. P.*, xiv, 376) ne trouva pas de CO dans le sang d'un fœtus de huit mois dont la mère avait été empoisonnée par CO.

ZALESKI (*A. P. P.*, xx, 34, 1885) a constaté l'absorption de CO à la surface péritonéale et son excrétion au moins partielle par la surface pulmonaire.

PIOTROWSKI (*B. B.*, 1893, 433) a cherché pendant combien de temps on peut retrouver l'oxyde de carbone dans le sang après l'empoisonnement.

**Recherche et dosage de l'oxyde de carbone.** — *Dosage de CO dans les mélanges gazeux riches en CO.* — Dans l'analyse gazométrique de mélanges contenant O, CO<sup>2</sup>, CO et Az, on absorbe d'abord O et CO<sup>2</sup>, puis le mélange restant est mis en contact d'une solution ammoniacale ou acide de chlorure cuivreux (Voir BUNSEN. *Méthodes gazom.*; HEMPEL, *Gasanalytische Methoden*), qui absorbe CO. DREHSCHMIDT recommande de préférence la solution ammoniacale. Dans la méthode gazométrique de HEMPEL, cette solution est contenue dans une pipette spéciale (pipette composée).

*Préparation du chlorure cuivreux.* On dissout 10,3 grammes d'oxyde de cuivre dans 100 à 200 centimètres cubes d'acide chlorhydrique fumant, et on conserve la solution ainsi obtenue en contact avec un excès de tournures et de fils de cuivre dans un flacon bouché et à l'abri de l'air, jusqu'à ce que la solution soit entièrement décolorée. Pour précipiter le chlorure cuivreux, on verse cette solution dans un grand vase de Berlin de un à deux litres de contenance : on décante l'acide surnageant et on dissout le précipité dans 100 à 150 centimètres cubes d'eau distillée que l'on verse dans un matras de 250 centimètres cubes et on y fait passer un courant d'ammoniaque jusqu'à ce que le liquide commence à se colorer en bleu. Éviter un excès d'ammoniaque. On dilue de manière à faire 200 centimètres cubes.

Opérer autant que possible à l'abri du contact de l'air, par exemple dans une atmosphère d'hydrogène.

La solution peut absorber utilement six fois son volume de CO.

Ne pas perdre de vue que cette solution absorbe également l'oxygène, l'acétylène et l'éthylène (Voir HEMPEL, *Gasanalytische Methoden*, 2<sup>e</sup> édit., p. 159 et suivantes).

La solution acide de chlorure cuivreux peut être conservée sous le pétrole.

GRÉHANT prépare la solution du protochlorure de cuivre d'une manière très simple : « Dans un flacon plein de tournure de cuivre, on verse une dissolution de bichlorure de cuivre dans un grand excès d'acide chlorhydrique » (GRÉHANT, *Les gaz du sang*, Paris, Masson, 1894, 54).

On peut aussi doser l'oxyde de carbone dans l'air ou dans les mélanges gazeux contenant de l'oxygène, en provoquant sa transformation en CO<sup>2</sup>. On commence par débarrasser le gaz à analyser de son anhydride carbonique, en le faisant passer successivement à travers un appareil à potasse, puis à travers une solution de baryte; on le conduit ensuite à travers un tube à combustion contenant de l'amiante chauffée, enfin, à travers un appareil à eau de baryte. Le trouble de la baryte indique la présence de CO<sup>2</sup>, provenant de la combustion de CO, et permet de doser ce gaz à l'état de CO<sup>2</sup>.

S'il y a beaucoup de CO, on fait les différentes opérations dans un tube à analyse et l'on opère volumétriquement, en provoquant la combustion de CO + O par l'étincelle électrique (Voir BUNSEN, *Méthodes gazométriques*, trad. SCHNEIDER, 1838, 103).

GRÉHANT utilise le grisoumètre de COQUILLON pour doser CO en le transformant en CO<sup>2</sup> au contact d'un fil de platine chauffé au rouge (*B. B.*, 1893, 162 et *Les gaz du sang*, Paris, 1894, 21).

**Recherche de l'oxyde de carbone dans l'air.** — Procédé de VOGEL (*Ber. d. deuts. chem. Ges.*, XI, 233 et 794). Pour reconnaître de petites quantités de CO dans l'air, on agite l'air avec quelques centimètres cubes de sang dilué, ou on fait passer l'air à travers un appareil approprié contenant du sang dilué ou de l'hémoglobine, et l'on observe la formation de l'hémoglobine oxycarbonée. (Spectre d'absorption à deux bandes, persistance des deux bandes, malgré l'action du sulfure d'ammonium ou d'autres agents de réduction, persistance des deux bandes, malgré la conservation en vase clos et la putréfaction à l'abri de l'air.)

On peut aussi placer une souris pendant plusieurs heures dans l'air où l'on soupçonne la présence de CO, et rechercher dans son sang la présence de l'hémoglobine oxycarbonée (HEMPEL, *Gasanal. Methoden*, 2<sup>e</sup> éd., 1890, 168; *Z. p. C.*, XVIII, 399). HEMPEL a constaté que l'on peut par ce dernier procédé reconnaître avec certitude 0.05 p. 100 d'oxyde de carbone dans l'air et que la limite est 0.03.

WOLFF a décrit un appareil spécial pour la recherche de CO dans l'air au moyen du sang dilué (figuré dans HEMPEL, *Gasanal. Methoden*).

On a également utilisé pour la recherche de CO la propriété que ce gaz possède de décomposer le chlorure de palladium et de sodium avec dépôt de palladium métallique et formation de CO<sup>2</sup>. Malheureusement, un grand nombre d'autres combinaisons organiques réduisent également le chlorure de palladium.

Pour reconnaître CO dans l'air, FODOR recommande d'agiter pendant 15 à 20 minutes 10 à 20 litres d'air avec une petite quantité de sang dilué. On soumet ensuite le sang à l'ébullition et on y fait barboter un courant d'air qui a été lavé au préalable sur une solution de chlorure de palladium; puis l'air, au sortir du sang, traverse une solution d'acétate de plomb, et d'acide sulfurique dilué et finalement traverse la solution de chlorure de palladium dont il provoque la réduction. On peut déceler de cette façon 0,005 p. 100 de CO dans l'air (Voir MALY, *Jb.*, XII, 375).

GRÉHANT a constaté que la richesse d'une atmosphère en CO peut se déterminer d'après l'analyse du sang d'un animal qui y a séjourné (*C. R.* 1892, 164, *C. R.*, CXIV, 309 et *Les gaz du sang*, Paris, 1894, 101 et suiv.).

**Appendice.** — Le n° 5, XVI, II, du *Journal of Physiology*, paru après la composition de cet article contient deux mémoires de J. HALDANE sur l'action toxique de l'oxyde de carbone étudié chez l'homme et par une méthode permettant de reconnaître et de doser CO dans l'air. J'y relève les points suivants :

**Dosage.** — Du sang de bœuf saturé de CO et dilué au centième avec de l'eau, présente une belle coloration rouge; du sang ordinaire (oxygéné), dilué au même degré, présente une teinte jaunâtre. En ajoutant à ce dernier liquide un égal volume d'une solution de carmin à 0,01 p. 100, on lui donne la même teinte que celle du sang dilué et saturé de CO.

Étant donné un échantillon de sang dont l'hémoglobine est incomplètement saturée par CO, on pourra déterminer son degré de saturation, en recherchant le volume de solution de carmin qu'on doit lui ajouter pour rendre sa teinte semblable à celle du sang dilué saturé de CO. Ce procédé colorimétrique permet donc de déterminer d'une façon très simple la teneur d'un échantillon de sang en hémoglobine oxycarbonée.

Le même procédé peut être utilisé dans la recherche et le dosage de CO dans l'air. A cet effet, 100 ou 200 centimètres cubes de l'air à analyser sont agités dans une bouteille avec 5 centimètres cubes d'une solution de sang au centième jusqu'à équilibre de tension (10 minutes suffisent). On y dose la proportion d'hémoglobine oxycarbonée par le procédé colorimétrique. Connaissant cette valeur, il est facile de calculer la teneur de l'air en CO, soit en employant la courbe de dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée, soit en utilisant les chiffres du tableau suivant :

Degré de saturation du sang par CO.	Quantité de CO dans l'air.
10 p. 100. . . . .	0,015 pour 100 d'air.
20 — . . . . .	0,04 — —

Degré de saturation du sang par CO.	Quantité de CO dans l'air.
30 p. 100 . . . . .	0,08 pour 100 d'air.
40 — . . . . .	0,12 — —
50 — . . . . .	0,16 — —
60 — . . . . .	0,22 — —
70 — . . . . .	0,30 — —
80 — . . . . .	0,60 — —
90 — . . . . .	1,2 — —

Ces valeurs ne sont exactes que si l'air a sa proportion normale d'oxygène, la présence de l'oxygène favorisant la dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée.

L'auteur a constaté que les symptômes de l'empoisonnement par CO sont les mêmes chez l'homme, que ceux du déficit d'oxygène (Anoxhémie, mal des montagnes). Les symptômes ne commencent à se montrer (au repos) que lorsqu'un tiers de l'hémoglobine du sang est combiné à CO, c'est-à-dire lorsque l'air contient plus de 0,05 p. 100 de CO. Les symptômes deviennent alarmants lorsque la moitié de l'hémoglobine est saturée de CO (air contenant 0,2 100 de CO).

La moitié environ du CO contenu dans l'air respiré est absorbé par le sang dans le poumon. Il faut donc qu'un homme ait fait passer par ses poumons environ 660 centimètres cubes de CO pour qu'il y ait absorption de 330 centimètres cubes de CO, c'est-à-dire la quantité nécessaire pour produire les premiers symptômes de l'empoisonnement.

Même lorsqu'on respire les mélanges pauvres en CO, au bout de deux heures et demie, l'équilibre est établi entre le sang et l'air respiré; et la proportion de CO n'augmente plus dans le sang.

La disparition de CO du sang sous l'influence de la respiration d'air pur est toujours plus lente que son absorption pendant la période d'empoisonnement.

Le temps nécessaire pour que les symptômes se montrent ou disparaissent chez les animaux à sang chaud respirant des mélanges gazeux contenant une certaine proportion de CO est inversement proportionnel à la valeur des échanges respiratoires par unité de poids. Ce temps est vingt fois plus court chez la souris que chez l'homme. Une souris mourra en trois minutes dans une atmosphère où l'homme aurait résisté pendant une heure. La souris est donc un excellent indicateur pratique de la présence de CO en quantité nuisible dans l'atmosphère.

On trouve également dans le travail de l'auteur des courbes de dissociation de l'hémoglobine oxycarbonée en fonction de la tension de CO, tant dans une atmosphère oxygénée que dans une atmosphère exempte de ce gaz.

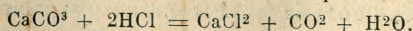
Le vol. xviii, 201, du *Journal of Physiology* contient un premier travail de HALDANE sur l'influence de la tension de l'oxygène sur la toxicité de l'oxyde de carbone. L'auteur a constaté que la toxicité de l'oxyde de carbone diminue quand la tension de l'oxygène augmente. L'oxyde de carbone ne tue plus la souris si l'on élève la tension de l'oxygène à deux atmosphères. Dans ce cas, l'oxygène simplement dissous dans le sang suffit aux besoins respiratoires. CO n'a donc aucune action toxique sur les éléments histologiques des tissus. Son action sur l'organisme s'explique entièrement par sa combinaison avec l'hémoglobine.

LÉON FREDERICQ.

**CARBONIQUE (Anhydride ou Acide) (CO<sup>2</sup> ou H<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>).** — L'anhydride carbonique (CO<sup>2</sup>) se produit par la combustion du charbon ou des substances organiques en présence d'un excès d'air, par la respiration des animaux, par la fermentation alcoolique et par celle de la cellulose, par la putréfaction, par la décomposition des carbonates, etc.

L'anhydride carbonique se rencontre à l'état libre dans l'air et dans l'eau que respirent les animaux, dans les gaz intestinaux, à l'état libre et à l'état de combinaison dans les différents tissus et liquides de l'économie.

**Préparation.** — On décompose le marbre blanc par l'acide chlorhydrique faible :



La réaction se fait dans un flacon de WOLFF ou dans un appareil de KIPP; on lave