

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.

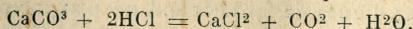
Le vol. xviii, 201, du *Journal of Physiology* contient un premier travail de HALDANE sur l'influence de la tension de l'oxygène sur la toxicité de l'oxyde de carbone. L'auteur a constaté que la toxicité de l'oxyde de carbone diminue quand la tension de l'oxygène augmente. L'oxyde de carbone ne tue plus 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) (CO² ou H²CO³). — L'anhydride carbonique (CO²) 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

le gaz dans un flacon de WOLFF contenant une solution de carbonate de soude, de manière à retenir l'acide chlorhydrique entraîné. L'acide carbonique préparé ainsi ne doit pas précipiter le nitrate d'argent (absence d'acide chlorhydrique).

BUNSEN recommande de traiter la craie par l'acide sulfurique concentré, et d'ajouter quelques gouttes d'eau. On obtient ainsi un dégagement très continu et parfaitement uniforme d'acide carbonique chimiquement pur.

Propriétés physiques et chimiques. — Gaz incolore, à odeur piquante, à saveur aigrelette, à densité élevée : 1,5241 (densité de l'air = 1), 22 (hydrogène = 1). Un litre de CO_2 pèse 1^{er},9664. Coefficient de dilatation entre 0° et 100° : 0,3719 (REGNAULT) 0,366087 (MAGNUS). Pouvoir réfringent : 1,526 (DULON). La loi de MARIOTTE ne s'applique à ce gaz que pour de faibles pressions, sous celle d'un tiers d'atmosphère par exemple.

Coefficients d'absorption (volume CO_2 réduit à 0° et 760 P. qu'un volume d'eau ou d'alcool dissout sous la pression normale aux différentes températures) :

TEMPÉRATURE.	EAU.	ALCOOL.
0°	1,7967	4,3295
3°	1,5787	4,0589
5°	1,4497	3,8908
8°	1,2809	3,6573
10°	1,1847	3,5140
12°	1,1018	3,3807
15°	1,0020	3,1993
18°	0,9318	3,0402
20°	0,9014	2,9465

(BUNSEN, *Méthodes gazométriques*, trad. franç. 1858, p. 309.)

L'acide carbonique se liquéfie à 0° sous la pression de 36 atmosphères, en fournissant un liquide incolore, très soluble dans l'alcool, l'éther et les huiles volatiles, mais ne se mélangeant pas à l'eau. Densité 0,90 à — 20°, 0,83 à 0°, 0,60 à + 30°.

Les tensions aux différentes températures sont les suivantes :

	ATMOSPHÈRES.
— 59,4	4,6
— 48,8	7,7
— 30,5	15,4
— 20,0	21,5
— 10,0	27
0,0	38,5
+ 10,0	46
+ 19,0	57
+ 30,7	74

L'acide carbonique liquide, en s'évaporant à l'air, au sortir de l'appareil où il est comprimé, se refroidit fortement (— 78°) et se condense en partie en formant une neige blanche cotonneuse, s'évaporant lentement, ne donnant pas à la main une sensation très vive de froid. Si on écrase le flocon, ou si on le mélange à de l'éther, le contact avec la peau produit une sensation douloureuse de brûlure, et la peau est désorganisée.

Acide carbonique de l'air. — On a cru pendant longtemps, à la suite des travaux de DE SAUSSURE et de THÉNARD, que la proportion d'acide carbonique de l'air était variable et comprise entre 2 et 6 dix-millièmes en volume. Actuellement on admet, à la suite des beaux travaux de J. REISET (*Ann. de Chim.*, 1882, XXIV, 143), et de MÜNTZ et AUBIN (*Ibid.*, 1882, XXIV, 222), que la variation de la proportion d'acide carbonique de l'air est du même ordre que celle de l'oxygène et de l'azote, c'est-à-dire presque négligeable. Ces savants ont reconnu, à la suite d'un nombre considérable d'analyses, que l'air renfermait en moyenne 2,942 dix-millièmes en volume d'acide carbonique, que l'air provenait des bords de la mer ou de l'intérieur des terres, des régions élevées de l'atmosphère ou de la surface du sol, qu'il ait été recueilli au-dessus d'un terrain inculte ou d'un champ en pleine végétation, etc. Les diverses conditions ne changeaient cette quantité que de 0,03 pour 1 000.

La plupart des analyses dignes de foi accusent un peu moins d'acide carbonique le jour que la nuit, l'été que l'hiver; la variation paraît due à l'action de la végétation. On ne l'observerait pas en mer. La proportion de CO_2 serait un peu plus faible dans l'hémi-

sphère austral, un peu plus faible à la surface de la mer : elle augmenterait par les temps de neige et de brouillard.

Le climat, l'altitude du lieu, la pression barométrique, etc., seraient sans influence. Les sources locales d'acide carbonique (industrie, agglomérations humaines, terrains volcaniques, etc.) modifient aussi fort peu la proportion de ce gaz. (Consulter pour la bibliographie et la discussion des points litigieux : SPRING et ROLAND. *Mémoires couronnés de l'Ac. royale de Belg.*, 1885, xxxvii.)

La constance relative de la proportion d'acide carbonique dans l'air est un phénomène remarquable. TH. SCHLESING (*C. R.*, xc, 1410) en a proposé une explication par une application du principe de la dissociation. La tension de l'acide carbonique de l'air serait maintenue constante par la dissociation du bicarbonate de calcium tenu en dissolution dans les eaux de la mer. Si la dose de CO_2 venait à diminuer dans l'air, le bicarbonate de calcium marin se dissocierait, la moitié de son acide passerait dans l'atmosphère et comblerait par conséquent le vide. Si, au contraire, l'air se chargeait d'une quantité anormale d'acide carbonique, l'augmentation de tension de ce gaz aurait pour effet de reconstituer une certaine quantité de bicarbonate en dissolution dans l'eau de mer.

Le carbonate de calcium contenu dans la masse des océans jouerait le rôle de régulateur de l'acide carbonique de l'air.

Dosage de CO_2 dans l'air atmosphérique. — L'air atmosphérique contient trop peu d'acide carbonique pour qu'on puisse songer à y doser ce gaz par les méthodes gazométriques ordinaires. On opère de la façon suivante : on traite un grand volume d'air mesuré, par un petit volume d'une solution titrée de baryte (Procédé de SAUSSURE, modifié par PETTENKOFER). La baryte absorbe CO_2 , ce qui abaisse son titre. La diminution du titre de la baryte indique la quantité de CO_2 absorbée. On titre la baryte par une solution titrée d'acide oxalique.

La solution d'acide oxalique contient 5,6346 grammes d'acide cristallisé pour un litre d'eau distillée. 1 cc. = 1 cc. CO_2 . On peut également employer une solution contenant 2,8636 grammes d'acide oxalique par litre. 1 cc. de cette solution = 1 milligr. CO_2 . Ces solutions d'acide oxalique peuvent être employées, soit pures, soit diluées.

Comme indicateur on se sert de papier de curcuma ou de phénolphthaléine.

SPRING a employé de l'acide chlorhydrique au lieu d'acide oxalique dans le titrage de la baryte.

Pour faire absorber CO_2 par la baryte, on peut mettre le liquide barytique dans un ou plusieurs appareils d'absorption (tubes de PETTENKOFER inclinés convenablement) à travers lesquels on fait lentement passer l'air au moyen d'un aspirateur qui sert en même temps à mesurer le volume d'air employé. On peut aussi se servir d'une grande bouteille remplie de l'air qu'il s'agit d'analyser ; on y verse la baryte ; on remue la bonbonne, de manière à faire couler la baryte sur les parois, et l'on attend que l'absorption soit complète. La bonbonne est fermée par un bouchon de caoutchouc à travers lequel passe un tube plongeant jusqu'au fond et contenant en deux ou trois endroits un tampon de coton bien propre. L'opération de l'absorption terminée, on relie l'extrémité extérieure du tube de verre avec une burette dans laquelle on aspire la baryte.

Le carbonate de baryum est retenu sur les tampons de coton, et la baryte pénètre absolument claire dans la burette et peut être titrée immédiatement.

Le procédé SAUSSURE et PETTENKOFER a été étudié et modifié par un grand nombre d'expérimentateurs.

W. HESSE (*Vierteljahrsschr. für gericht. Medicin u. öff. Sanitätswesen.*, xxxi, 2. — procédé décrit aussi dans CL. WINKLER, *Anleitung z. Unters. d. Industriegase*, 375) lui a donné une forme très pratique, qui permet d'arriver à des résultats exacts, même en opérant sur un petit volume d'air.

Enfin citons la pipette de PETERSSON (FRESENIUS, *Z. C.*, xxv, 467) qui sert à doser volumétriquement la vapeur d'eau et l'anhydride carbonique de l'air. La vapeur d'eau est absorbée par l'anhydride phosphorique, et CO_2 par la chaux sodée : on mesure la diminution de volume de l'air après chaque absorption. PETERSSON et PALMQUIST ont ultérieurement simplifié l'appareil en ce qui concerne l'absorption de CO_2 (Voir HEMPEL, *Gasan. Meth.*, 2^e partie, p. 278).

Dosage de CO² dans les gaz du sang, l'air de l'expiration et les mélanges riches en CO². — Dans la *méthode gazométrique* de BUNSEN (Voir BUNSEN, trad. franc., 88) « on détermine l'acide carbonique par une balle de potasse fixée à l'extrémité d'un fil de platine et contenant assez d'eau pour recevoir l'impression de l'ongle. Avant d'introduire cette balle dans le gaz, on en humecte la surface avec quelques gouttes d'eau distillée. Pour avoir des résultats parfaitement exacts, il convient d'introduire dans le gaz une seconde balle de potasse aussi exempte d'eau que possible, pour être sûr, qu'après l'absorption de l'acide carbonique, le gaz se trouve à l'état de parfaite siccité. » L'opération s'effectue dans le tube gradué à absorption. La diminution de volume correspond à l'acide carbonique.

On peut également se servir d'une solution de potasse pour absorber CO² (1 p. de potasse pour 2 p. d'eau. 1 cc. absorbe utilement 40 cc. CO²). Dans la méthode de HEMPEL, le gaz à analyser est contenu dans une burette spéciale, entourée d'eau; il est limité par de l'eau et mesuré à la pression atmosphérique actuelle. L'absorption de CO² se fait en faisant passer le gaz dans une pipette spéciale contenant la solution de potasse. Après absorption, on fait rentrer le gaz dans la burette et l'on fait une nouvelle lecture du volume. Il y a avantage à se servir de tubes ou de burettes graduées ayant une assez grande contenance (100 cc. ou davantage), mais présentant une partie rétrécie, graduée en 20°, 25° ou 50° de centimètres cubes, servant aux lectures. VIERORDT s'était servi d'un appareil analogue, auquel il avait donné le nom d'antracomètre.

Pour l'analyse de l'air de l'expiration d'après la méthode de HEMPEL, j'ai fait construire une pipette de 100 cc. présentant une partie rétrécie allant de 100 cc. à 94 cc. et servant aux lectures de volume du dosage de CO². Un second rétrécissement s'étendant du 82° au 78° cc. sert au dosage de l'oxygène (à absorber par une pipette à phosphore).

Dosage de CO² produit par la respiration des animaux. — I. Nous renvoyons à l'article **Respiration**, et nous nous bornons à mentionner les principales méthodes usitées en physiologie.

I. Méthode de PROUT, d'ANDRAL et GAVARRET (*Ann. de Chim.*, (3), VIII, 1843), **de VIERORDT** (*Physiologie des Athmens*, 1845), **de SPECK** (*Physiologie des Athmens*, 1892), **de LOSSÉN, de BERG, etc.** — On mesure le volume d'air qui passe par les poumons et l'on analyse un échantillon de cet air.

II. Méthode d'HANRIOT et CHARLES RICHET (*B. B.*, déc. 1886 et 1887, 753). — On mesure au moyen d'un compteur à gaz le volume d'air inspiré *a* (privé de CO² et saturé de vapeur d'eau). On mesure également le volume d'air expiré avant (volume *b*) et après absorption de CO² (volume *c*). Le volume *b-c* représente le CO² fourni par la respiration de l'animal.

III. Méthode de LETELLIER et BOUSSINGAULT (*Z. p. C.*, XI, 186 et 433), **de SCHARLING, de PETTENKOFER** (*Ann. d. Chemie u. Pharmac.*, 1862, *Suppl. B.*, II, 1; *Z. B.*, XI, 532 et 426), etc. — L'individu en expérience est placé dans une chambre ventilée par un courant d'air. On dose l'eau et CO² dans un échantillon de l'air pris avant et après son passage à travers l'appareil.

Quand on opère sur de petits animaux, on peut recueillir tout le CO² produit par l'animal (DELSAUX, *Arch. de Biol.*, VII, 287, [1883; CORIN et VAN BENEDEN, *Ibid.*, VII, 265, 1883; ARLOING, *Appareil simple destiné à mesurer la quantité totale d'acide carbonique*, Lyon, 1885, etc.).

IV. Méthode de LAVOISIER, 1777, de REGNAULT et REISET (*Ann. de Chim.*, (3), XXVI, 1849), **de HOPPE-SEYLER, de COLASANTI, de SEEGEN et NOWAK, etc., etc.** — L'animal respire dans une atmosphère confinée dont on maintient la composition constante en restituant l'oxygène à mesure qu'il est consommé et en absorbant CO² à mesure de sa production.

D'ARSONVAL (*B. B.*, 1887, 750), G. FANO, etc. (*A. i. B.*, x), ont construit des appareils permettant de doser d'une façon continue le CO² produit par l'animal et d'enregistrer la courbe de la production de CO².

Action physiologique de CO². — **Doses faibles de CO².** — L'homme et les animaux supérieurs peuvent respirer sans grand inconvénient de l'air atmosphérique contenant 1, 2, 3, 4, 5 p. 100 et même davantage de CO². Dans ce cas, la tension de ce gaz augmente légèrement dans le sang, les liquides et les solides de l'organisme, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre de tension se soit établi entre l'air des alvéoles et le sang du

poumon. Cet excès d'anhydride carbonique agit comme un excitant sur les centres de la moelle allongée, provoque de la dyspnée et augmente l'intensité des combustions interstitielles. J'ai constaté sur moi-même que ma consommation d'oxygène augmentait manifestement lorsque l'air que je respirais contenait une proportion un peu plus forte de CO^2 (*Rech. sur la régulation de la température*, Arch. de Biol., 1882). D'ARSONVAL est arrivé au même résultat. MIESCHER RUSH (A. P., 1885, 373) a cherché à déterminer la valeur de l'excès de CO^2 de l'air des alvéoles pulmonaires nécessaire pour produire une légère dyspnée. D'après VIERORDT, l'air des alvéoles contiendrait 5,43 p. 100 de CO^2 , MIESCHER RUSH trouve comme valeurs normales dans deux expériences 5,35 p. 100 et 5,28 p. 100 de CO^2 . Il constate que la dyspnée commence à se produire, dès que l'air des alvéoles contient 6,0 à 6,4 de CO^2 .

BERNSTEIN (A. P., 1882, 313) avait cru constater que la dyspnée par excès de CO^2 amenait une prédominance des mouvements d'expiration, tandis que la dyspnée par manque d'oxygène provoquait une exagération des mouvements d'inspiration. GAD n'a pu confirmer le fait. J'ai constaté que la dyspnée par excès de CO^2 produit chez moi des maux de tête bien plus intenses que la dyspnée par manque d'oxygène.

On sait que l'intensité de la ventilation pulmonaire (c'est-à-dire le nombre et la profondeur des mouvements respiratoires) s'accommode à chaque instant aux besoins respiratoires de l'organisme. MIESCHER RUSH admet que l'acide carbonique de l'air des alvéoles, ou plutôt du sang, joue ici le rôle de régulateur (bien plutôt que le déficit plus ou moins grand d'oxygène du sang). Toute augmentation de CO^2 du sang excite davantage les centres respiratoires et provoque une augmentation de la ventilation pulmonaire. Tout abaissement de la proportion ou mieux de la tension de CO^2 du sang aurait pour effet de diminuer l'excitation des centres respiratoires, d'où respiration moins profonde ou moins fréquente.

L'apnée produite par la ventilation énergique du poumon n'est assurément pas due à une suroxygénation du sang, comme l'avaient admis PFLÜGER et ROSENTHAL. J'ai montré que la tension de l'oxygène pouvait atteindre 60 p. 100 d'une atmosphère, et au delà, dans le sang artériel du chien sans que l'apnée se montre. Il ne reste donc pour expliquer l'apnée d'origine chimique, si tant est qu'elle existe, qu'à recourir à la diminution de tension de CO^2 dans le sang par le fait de la ventilation artificielle du poumon.

Doses moyennes de CO^2 . — Si l'on fait respirer aux animaux des doses de CO^2 ne dépassant pas 20 p. 100 de CO^2 , on constatera des phénomènes d'excitation du côté des centres nerveux respiratoire, vaso-constricteur et accélérateur du cœur, sudoripare, salivaire, etc., mais pas de vrais symptômes d'empoisonnement. L'animal pourra continuer à y vivre pendant plusieurs heures.

Cependant les animaux finissent par mourir (épuisés par les efforts des muscles respiratoires) dans des mélanges gazeux modérément riches en CO^2 , si on les y laisse pendant plusieurs jours (FRIEDLANDER et HERTER, Z. p. C., II, 99).

Doses fortes de CO^2 . — Des doses supérieures à 30 p. 100 amènent généralement la mort au bout d'un temps plus ou moins long. Les animaux peuvent résister pendant plusieurs heures dans des mélanges à 30 p. 100, pendant une demi-heure et davantage dans des mélanges à 60 p. 100. On fera bien de prendre un mélange très riche en CO^2 (au moins 60 p. 100 de CO^2), mais contenant une proportion d'oxygène au moins égale à celle de l'air atmosphérique, quand on veut étudier les effets de l'empoisonnement aigu par CO^2 . On peut se servir pour ces expériences d'un grand sac en caoutchouc contenant le mélange et communiquant par ses deux extrémités au moyen de tubes en caoutchouc et de flacons laveurs, avec une canule en Y fixée dans la trachée de l'animal (GRÉHANT).

PAUL BERT (*Pression barométrique*) a constaté que les moineaux meurent dans une atmosphère contenant 26 p. 100 de CO^2 , que la proportion mortelle pour les rats est de 30 p. 100, de 35 à 38 p. 100 pour les chiens et seulement de 13 à 17 p. 100 pour les amphibiens et les reptiles. FRIEDLANDER et HERTER (Z. p. C., II, 94) n'ont pu vérifier cette résistance moins grande des animaux à sang froid. Dans une expérience où un pigeon, un lapin, une tortue et une couleuvre à collier avaient été placés dans une atmosphère confinée riche en CO^2 , ils constatèrent la mort du pigeon au bout d'une heure; à ce moment l'atmosphère contenait 28,9 p. 100 CO^2 et 54,7 p. 100 O^2 . Le lapin mourut au

bout de cinq heures (46,3 p. 100 CO^2 et 29,7 p. 100 O^2). La tortue et la couleuvre à collier résistèrent davantage.

PAUL BERT admet que la mort arrive chez le chien lorsque le sang artériel contient plus de 100 centimètres cubes de CO^2 p. 100, et le sang veineux environ 120 centimètres cubes de CO^2 p. 100 centimètres cubes de sang.

La tension de 26 p. 100 d'une atmosphère de CO^2 représentant la dose mortelle pour le moineau, il est clair que si l'on augmente la pression du mélange gazeux de manière à atteindre 2, 6, 8, etc., atmosphères, des proportions centésimales plus faibles de CO^2 correspondront à la même tension de 26 p. 100 d'une atmosphère. PAUL BERT a constaté en effet que la mort survient chez le moineau à la pression de 2 atmosphères à 13 p. 100 CO^2 , à celle de 4 atmosphères à 6,5 p. 100 CO^2 , et à celle de 8 atmosphères à 3,25 p. 100 CO^2 .

L'empoisonnement par CO^2 est caractérisé, comme l'asphyxie due à la privation d'oxygène, par des phénomènes d'excitation des différents centres cérébro-spinaux, excitation à laquelle succède la paralysie finale. Mais les phénomènes de l'empoisonnement par CO^2 se présentent tout autrement que ceux produits par simple occlusion trachéale ou par respiration d'un gaz inerte. Dans l'empoisonnement par CO^2 , les phénomènes d'excitation sont bien moins intenses, et ont une durée relativement courte, l'anesthésie étant complète au bout de quelques secondes. Par contre, les phénomènes de paralysie finale sont extraordinairement lents à se produire. Les centres de la sensibilité et des mouvements sont pris les premiers, après avoir passé par un état différent de celui par où passent ces mêmes centres lors de l'asphyxie par manque d'oxygène. Les centres qui président aux mouvements respiratoires, ceux qui influencent les battements du cœur et d'autres peuvent résister pendant un temps fort long, parfois pendant plus de deux heures.

S. FREDERICQ (*Arch. de Biol.*, VII, 1886, 223, *Travaux Laboratoire physiologie*, Liège) distingue chez le lapin deux périodes dans l'empoisonnement par CO^2 et les caractérise de la façon suivante :

Première période. — *Stade d'excitation* (durée moyenne : trente-cinq secondes). —

Diminution du nombre des mouvements respiratoires. Augmentation de l'amplitude de ces mouvements. Expirations actives dès le début. Forte excitation de l'animal accompagnée souvent de convulsions.

Au début, légère baisse de la pression sanguine, suivie d'une hausse à laquelle succède une seconde baisse, puis une seconde hausse. Diminution du nombre des pulsations; ce nombre se relève un peu vers la fin. Oscillations très prononcées du manomètre inscripteur, surtout pendant la première hausse et la seconde baisse de la pression. Les vaisseaux cutanés se dilatent quelquefois pendant la première hausse et restent dans cet état jusqu'à la fin du stade; d'autres fois ils restent resserrés. Les pupilles se contractent. La sécrétion salivaire augmente.

Seconde période. — *Stade de narcose.* — Dès le début, insensibilité et paralysie; l'animal tombe sur le flanc. Au début, diminution du nombre des mouvements respiratoires, ce nombre restant ensuite stationnaire jusqu'à la mort. Diminution de l'amplitude des mouvements respiratoires; ils cessent en même temps que les pulsations du cœur. Diminution régulière et progressive de la pression sanguine. Le nombre des pulsations reste au début ce qu'il était à la fin du premier stade, puis il monte un peu, pour rester ainsi assez longtemps et diminuer enfin vers la mort. On observe fréquemment des oscillations périodiques plus ou moins régulières de la pression sanguine embrassant chacune plusieurs mouvements respiratoires et dues à des variations périodiques de l'accélération du rythme cardiaque. Les vaisseaux cutanés restent resserrés ou se resserrent dans le cas où ils étaient dilatés. Les pupilles se dilatent et restent dilatées jusqu'à la mort. La sécrétion salivaire tarit presque complètement. Mouvements péristaltiques des intestins.

La durée de cette période varie d'après la composition du mélange gazeux employé. La mort arrive au bout d'une demi-heure à deux heures si l'on emploie de fortes doses de CO^2 (60 à 70 p. 100), comme dans les expériences de S. FREDERICQ.

D'après FRIEDLÄNDER et HERTER, des doses de 20 p. 100 de CO^2 ne donnent que des phénomènes d'excitation; les animaux peuvent vivre pendant des journées entières,

dans de telles atmosphères. Avec des doses de 30 p. 100, aux phénomènes d'excitation succèdent rapidement des phénomènes de narcose; mais la mort n'arrive qu'au bout de plusieurs heures.

Si l'on fait respirer de l'acide carbonique pur à un animal, on observera les effets cumulés de l'asphyxie et de l'empoisonnement par CO^2 ; l'animal meurt plus vite que dans l'asphyxie simple.

J'ai constaté que, pendant l'empoisonnement par de fortes doses de CO^2 , l'excitation du bout central du pneumogastrique provoque constamment des réflexes d'expiration chez le lapin. L'empoisonnement par le chloral présente la même particularité (*Arch. de Biol.*, v, 573, et *Travaux du laboratoire*, 1, Liège, 1886, 1).

CL. BERNARD avait admis que l'acide carbonique n'est pas un poison proprement dit, mais qu'il empêche l'absorption d'oxygène par la surface pulmonaire. Dans cet ordre d'idées, l'empoisonnement par CO^2 ne serait qu'une variété d'asphyxie (*Leçons sur les effets des substances toxiques*, Paris, 1857, 141). Aujourd'hui on distingue soigneusement l'asphyxie de l'empoisonnement par CO^2 .

Pour l'acide carbonique du sang, de la lymphe et des tissus, voir les articles **Sang**, **Lympe**, **Respiration**.

Action locale de CO^2 . — L'acide carbonique a une saveur aigrelette agréable : il irrite assez fortement la conjonctive oculaire et les différentes muqueuses. BROWN-SÉQUARD admet qu'un jet d'acide carbonique gazeux projeté sur la muqueuse du larynx peut produire l'anesthésie locale, et même une inhibition générale de la sensibilité.

Il paraît bien établi que son contact avec la muqueuse respiratoire provoque par voie réflexe (excitation des filets centripètes du vague) une inhibition de la respiration. Si l'on plonge la main dans un récipient rempli de gaz carbonique, on éprouve une sensation de chaleur à la peau. D'ARSONVAL a vanté l'action antiseptique de l'acide carbonique comprimé à 50 atmosphères sur les extraits glycélinés des tissus animaux (*B. B.*, 1893, 914). Voir aussi STEINMETZ (*Centralb. f. Bakter. u. Paras.*, xv, 48, 677, 1893).

On sait que l'acide carbonique du sang agit comme un excitant puissant sur les cellules nerveuses des centres respiratoires, vaso-moteurs, cardio-inhibiteurs, etc., et active les mouvements de l'intestin. A dose plus forte, CO^2 produit la paralysie et la mort. D'après GRUENHAGEN, CO^2 agissant localement sur un nerf sciatique de grenouille y supprimerait l'excitabilité, mais laisserait intacte la conductibilité nerveuse. Les plantes n'échappent pas à cette action néfaste de CO^2 : toute germination s'arrête dès que la tension de CO^2 atteint une certaine limite.

Seuls, certains organismes inférieurs, notamment la levure de bière, paraissent entièrement réfractaires à l'action toxique de CO^2 et supportent une tension de CO^2 de plusieurs atmosphères.

On admet en général que CO^2 exerce une action nuisible sur le phénomène de la coagulation du sang (WRIGHT. *Proc. Roy. Soc.*, lv, 333, 279). EBSTEIN et SCHULZE (*A. A. P.*, cxliv, 475, 1893), SCHIERBECK (*Skandin. Arch.* 1891, C. P., viii, 210, 1894) ont étudié l'action de CO^2 sur les ferments diastasiques. Ils ont constaté que le pouvoir saccharifiant de la diastase était augmenté par CO^2 en solution alcaline (EBSTEIN, SCHULZE), ou neutre (SCHIERBECK); diminué au contraire en solution acide.

LÉON FREDERICQ.

CARDIOGRAPHE (de *καρδία*, cœur et *γράφω*, j'écris). — Appareil destiné à étudier les pulsations cardiaques par la méthode graphique.

On tend aujourd'hui à restreindre la dénomination de cardiographes aux appareils qui servent à recueillir le tracé du choc du cœur à l'extérieur de la poitrine. En Allemagne et en Angleterre, *cardiogramme* est, pour un grand nombre d'auteurs, synonyme de *tracé du choc du cœur* (Voir M. VON FREY. *Einige Bemerkungen über den Herzstoss*. *Münch. med. Wochens.*, 1893, 865).

Comme l'interprétation du *cardiogramme* est intimement liée à l'étude du tracé de la pression intraventriculaire, nous nous occuperons également dans cet article des appareils qui servent à enregistrer les variations de pression à l'intérieur des cavités du cœur (*cardiographes manométriques*).

Nous renvoyons à l'article **Cœur** pour les autres procédés d'enregistrement de la