

contenu dans les végétaux provient souvent de l'air. Ce chimiste a observé que certaines plantes légumineuses, croissant dans une terre exempte de corps azotés, renferment, après leur développement, une quantité considérable d'azote qui a été emprunté à l'air atmosphérique.

L'azote qui entre dans la composition des matières animales provient de celui que contiennent les aliments; il résulte, en effet, d'expériences faites sur les animaux à sang chaud, que, dans l'acte de la respiration, l'azote atmosphérique ne paraît pas sensiblement absorbé.

Préparation de l'azote. — On retire en général l'azote de l'air atmosphérique.

On place sur une cuve à eau un bouchon de liège qui supporte une petite coupelle de plâtre contenant un fragment de phosphore enflammé, que l'on recouvre d'une cloche de verre (fig. 19). Le phosphore absorbe, en brûlant, l'oxygène qui se trouve dans la cloche, et l'on obtient de l'azote contenant encore des traces d'oxygène, de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de la vapeur de phosphore.



Fig. 19.

Pour débarrasser l'azote de ces différents corps, on absorbe d'abord l'oxygène en laissant le gaz en contact avec un bâton de phosphore. La vapeur de phosphore est détruite au moyen de quelques bulles de chlore, qui forment du chlorure de phosphore que

l'eau décompose aussitôt. On introduit dans la cloche un morceau de potasse qui absorbe l'acide carbonique et le chlore employé en excès. Il ne reste plus qu'à dessécher l'azote au moyen du chlorure de calcium ou de la potasse.

Il est préférable de préparer l'azote en faisant passer un courant d'air atmosphérique, privé d'acide carbonique et de vapeur d'eau, sur du cuivre chauffé au rouge, qui retient l'oxygène et laisse l'azote pur (fig. 20).

On emploie l'appareil suivant :

A est un flacon rempli d'air : on fait passer cet air, au moyen d'un courant d'eau, dans le tube B contenant des fragments de potasse qui le débarrassent de son acide carbonique et de son humidité. L'air, traversant ensuite le tube CD, rempli de cuivre chauffé au rouge, perd complètement son oxygène. Le gaz azote pur passe dans la cloche E.

L'azote peut encore être obtenu en décomposant une dissolution d'ammoniaque au moyen du chlore; l'ammoniaque est un

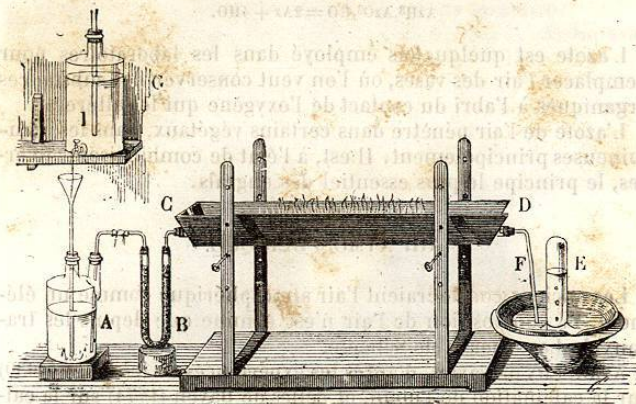
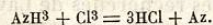
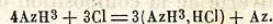


Fig. 20.

composé d'hydrogène et d'azote AzH^3 qui, sous l'influence du chlore, se décompose en azote et en acide chlorhydrique :



Les trois équivalents d'acide chlorhydrique ne restent pas libres; ils s'unissent à trois équivalents d'ammoniaque. On a donc en réalité :



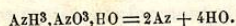
L'expérience se fait en introduisant dans un tube long de 1 mètre, fermé par un bout, une quantité de dissolution de chlore, qui représente environ les dix-neuf vingtièmes du tube; on achève de remplir le tube avec une dissolution d'ammoniaque.

On bouche le tube avec le pouce, et on le renverse sur une cuve à eau; la réaction se détermine aussitôt, et l'on voit se dégager des bulles d'azote qui se rendent à la partie supérieure du tube.

L'azote que l'on obtient ainsi a presque toujours une odeur piquante qui est due à la présence d'une trace de chlorure d'azote. Pour éviter autant que possible la formation du chlorure d'azote, qui est un corps très-détonant, on doit maintenir l'ammoniaque en excès.

L'azotite d'ammoniaque, dont nous parlerons en traitant des

sels ammoniacaux, peut donner aussi de l'azote quand on le chauffe; il se décompose, dans ce cas, en eau et en azote :



L'azote est quelquefois employé dans les laboratoires pour remplacer l'air des vases, où l'on veut conserver des substances organiques à l'abri du contact de l'oxygène qui les altérerait.

L'azote de l'air pénètre dans certains végétaux, dans les légumineuses principalement. Il est, à l'état de combinaisons diverses, le principe le plus essentiel des engrais.

AIR ATMOSPHÉRIQUE.

Les anciens considéraient l'air atmosphérique comme un élément. La composition de l'air n'est connue que depuis les travaux de Lavoisier et de Schéele.

Avant eux on savait, d'après les expériences de Jean Rey (1630) sur la calcination de l'étain, et celles de Bayen (1774) sur la calcination du mercure, que certains métaux chauffés au contact de l'air, se transforment, en augmentant de poids, en des matières qu'on désignait alors sous le nom de *chaux*, et que nous connaissons aujourd'hui sous le nom d'oxydes métalliques. Mais on ne savait pas si l'air était absorbable en totalité ou en partie; ce fut là le point de départ des recherches de Lavoisier.

Lavoisier reconnut le premier, en 1775, que l'air atmosphérique se compose de deux gaz, l'oxygène et l'azote, dont un seulement, l'oxygène, est absorbé par les métaux.

Nous allons décrire l'expérience mémorable qui conduisit Lavoisier à la découverte de la composition de l'air atmosphérique.

Lavoisier introduisit du mercure dans un matras *a* dont le col très-long, recourbé en *S*, s'engageait sous une cloche graduée *q*, placée sur une cuve à mercure *r* (fig. 21).

La disposition de cet appareil lui permit de déterminer avec précision :

1° Le volume d'air sur lequel il opérait : c'était l'air contenu dans la cloche, dans le col du matras et dans le matras lui-même ;

2° Le volume de gaz absorbé pendant l'opération ;

3° Celui du gaz restant.

Il chauffa le mercure jusqu'à l'ébullition pendant cinq jours consécutifs, et bien qu'il eût reconnu qu'après ces cinq jours le volume d'air contenu dans la cloche n'éprouvait plus de diminution, il continua encore l'expérience pendant plusieurs jours,

après lesquels il laissa refroidir l'appareil, et constata que 100 volumes d'air avaient été réduits à 73 volumes.

Une substance rouge cristalline s'était formée à la surface du mercure; cette substance était de l'oxyde de mercure.

Lavoisier s'assura que le gaz qui restait dans la cloche avait

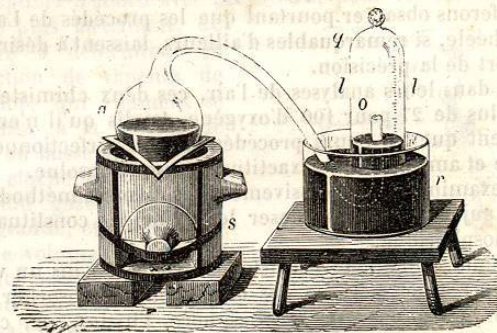


Fig. 21.

des propriétés entièrement opposées à celles de l'air atmosphérique; qu'il était impropre à la combustion et à la respiration : ce gaz était de l'azote.

Il introduisit ensuite dans une petite cornue l'oxyde de mercure qui s'était formé à la surface du mercure, le chauffa jusqu'au rouge naissant, et vit qu'il se décomposait en mercure métallique et en un gaz qui était, comme il l'a dit, *beaucoup plus propre que l'air atmosphérique à entretenir la combustion et la respiration des animaux*. Ce gaz était de l'oxygène.

Lavoisier avait donc retiré de l'air atmosphérique deux gaz différents : l'oxygène, entretenant avec vivacité la combustion et la respiration; l'azote, impropre à la combustion et à la respiration.

Après avoir décomposé l'air atmosphérique, il réussit à le reconstituer en mélangeant les deux gaz qu'il en avait extraits.

Il reconnut que l'azote qui restait dans la cloche graduée, mélangé à l'oxygène provenant de la calcination de l'oxyde de mercure formé pendant l'opération, produisait un gaz absolument pareil à l'air atmosphérique.

Tandis que Lavoisier exécutait ses expériences sur la composition de l'air, Schéele arrivait, de son côté, aux mêmes résultats.

Le chimiste suédois constatait que les sulfures alcalins absorbent un des éléments de l'air (l'oxygène), et laissent un résidu

gazeux impropre à la respiration et à la combustion (l'azote).

Les travaux de Schéele ont moins attiré l'attention que ceux de Lavoisier, parce qu'ils ne présentent pas la même évidence ; ce qui tient à ce que les sulfures ne peuvent pas, comme l'oxyde de mercure, restituer l'oxygène qu'ils ont absorbé.

Nous ferons observer pourtant que les procédés de Lavoisier et de Schéele, si remarquables d'ailleurs, laissent à désirer sous le rapport de la précision.

Ainsi, dans leurs analyses de l'air, ces deux chimistes trouvaient plus de 27 pour 100 d'oxygène, tandis qu'il n'en existe réellement que 21. Leurs procédés ont été perfectionnés dans ce siècle et amenés à une exactitude presque absolue.

Nous examinerons successivement les diverses méthodes employées aujourd'hui pour doser les principes constituants de l'air atmosphérique.

La première méthode consiste à introduire dans un volume connu d'air atmosphérique des corps pouvant absorber facilement l'oxygène, tels que le phosphore, l'hydrogène, certains métaux, etc.

La diminution de volume éprouvée par l'air atmosphérique indique la proportion d'oxygène qu'il contient ; le résidu gazeux donne l'azote.

La seconde méthode consiste à faire passer l'air sur un corps avide d'oxygène, qui le fixe et en donne la proportion par l'augmentation de poids qu'il éprouve ; l'azote est ensuite dosé, soit par une pesée, soit par une mesure de volume.

Analyse de l'air par le phosphore. — On évalue très-approximativement la quantité d'oxygène contenue dans l'air atmosphérique, à l'aide du phosphore qui absorbe l'oxygène et laisse l'azote.

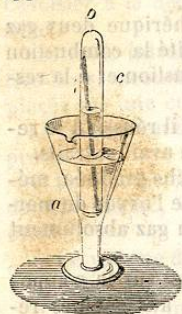


Fig. 22.

1° *Analyse par le phosphore à froid.* On mesure d'abord une certaine quantité d'air dans un tube gradué *abc* dans lequel on introduit ensuite un bâton de phosphore (fig. 22).

La réaction se fait en général à la température de 15 à 20 degrés, et n'est terminée qu'au bout de quelques heures ; ce que l'on reconnaît en mesurant le résidu gazeux à deux ou trois reprises différentes et en s'assurant qu'il ne change plus. La diminution de volume donne la proportion de l'oxygène, et le résidu celle de l'azote.

2° *Analyse par le phosphore chauffé.* On analyse quelquefois l'air atmosphérique en employant le phosphore à chaud (fig. 23).

On commence par mesurer exactement un volume d'air dans un tube gradué ; on le fait passer dans une cloche courbe remplie d'eau : on introduit ensuite un petit fragment de phosphore dans le renflement qui est en haut de la cloche, et l'on chauffe le phosphore d'abord avec précaution pour le faire fondre, et ensuite plus fortement, de manière à déterminer la production de vapeurs de phosphore qui viennent se condenser à la surface de l'eau : on laisse alors refroidir la cloche, on fait passer le résidu gazeux dans un tube gradué, et la diminution de volume indique la quantité d'oxygène qui se trouvait dans l'air.



Fig. 23.

L'analyse de l'air par le phosphore n'est pas toujours exacte ; mais elle est d'une

exécution facile et suffit pour les expériences approximatives. Elle doit toujours être faite sur l'eau ; car le phosphore agit plus énergiquement sur l'air humide que sur l'air sec.

3° *Par l'acide pyrogallique et la potasse.* L'acide pyrogallique en présence d'un excès de potasse, jouit de la propriété d'absorber l'oxygène ; cette propriété signalée par M. Chevreul a été appliquée par M. Liebig à l'analyse de l'air : on remplit presque complètement d'air une éprouvette graduée, sur la cuve à eau ; on y introduit ensuite un fragment de potasse caustique, et un peu d'acide pyrogallique sec. On bouche le tube avec le doigt et on agite. Au bout de quelques instants, l'absorption est complète, et l'on n'a plus qu'à lire le volume pour en conclure la proportion de l'azote et, par différence, celle de l'oxygène.

Les méthodes précédentes sont connues sous le nom de *méthodes d'absorption*.

Analyse de l'air par l'eudiomètre. — On détermine exactement la quantité d'oxygène que l'air contient en le faisant détoner avec un excès d'hydrogène.

Cette analyse est fondée sur les principes suivants : lorsqu'on fait passer une étincelle électrique dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène, ces deux gaz se combinent pour former de l'eau, et il se fait une diminution de volume, une *absorption*, dont le tiers représente exactement la proportion d'oxygène

contenue dans le mélange gazeux ; car l'eau est formée d'un volume d'oxygène et de deux volumes d'hydrogène.

Pour faire l'analyse de l'air au moyen de l'eudiomètre, on devra donc mesurer exactement, dans un tube gradué, un certain volume d'air atmosphérique, le mêler avec un excès d'hydrogène, faire passer dans le mélange une étincelle électrique, et déterminer la diminution du volume que le mélange a éprouvée après la détonation.

On emploie d'ordinaire, pour une analyse de ce genre, un instrument qui porte le nom d'*eudiomètre*.

Comme l'eudiomètre sert fréquemment en chimie, non-seulement pour analyser l'air, mais encore pour faire l'analyse d'un grand nombre de gaz, nous donnerons ici la description des principaux eudiomètres employés dans les laboratoires.

L'eudiomètre le plus simple et le plus usité est celui qu'on appelle *eudiomètre à mercure* (fig. 24).

Il se compose d'un tube de verre d'une épaisseur de 6 ou 8 millimètres ; une tige de fer, terminée aux deux bouts par un bouton, est solidement mastiquée à la partie supérieure du tube, et sert à transmettre l'électricité dans l'espace occupé par le gaz. Un fil de fer contourné en spirale, et terminé par une boule, se trouve dans l'intérieur du tube et sert à tirer l'étincelle.

Lorsqu'on veut se servir de cet eudiomètre, on retire la spirale, on le remplit de mercure en évitant la présence des bulles adhérentes aux parois ; on y introduit le mélange gazeux mesuré avec soin, puis on y fait monter le fil métallique jusqu'à ce que la boule se trouve à quelques millimètres de la tige de fer qui est à la partie supérieure. Le mélange gazeux doit occuper à peu près le tiers du tube.

On ferme alors l'ouverture inférieure de l'eudiomètre avec un bouchon de verre usé à l'émeri, un bouchon à vis ou même avec le doigt, pour éviter que le gaz, qui se dilate au moment de la détonation, ne sorte de l'appareil, et l'on fait passer une étincelle électrique au moyen d'une bouteille de Leyde ou du plateau d'un électrophore. Il se produit dans l'intérieur du tube une lueur très-vive, et le mercure remonte pour remplir le vide formé dès qu'on ouvre le tube à sa partie inférieure.

Pour apprécier l'absorption produite, on fait passer le résidu gazeux dans un tube gradué, et l'on compare son volume à celui du mélange gazeux avant la détonation.

Quelques eudiomètres sont divisés en parties d'égale capacité, ce qui permet de mesurer les gaz dans l'instrument même avant et après la détonation, et évite les transvasements de gaz ;

mais ces graduations sont rarement exactes, et ont en outre l'inconvénient de diminuer la résistance du tube (fig. 25).

L'appareil que nous venons de décrire ne peut servir dans les analyses que l'on se propose d'exécuter sur l'eau. Nous avons dit en effet que son ouverture inférieure reste fermée. Or, après la condensation de la vapeur d'eau, il se forme nécessairement



Fig. 24.



Fig. 25.

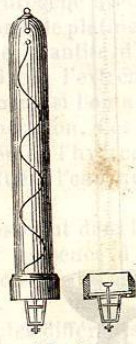


Fig. 26.

un vide dans l'intérieur du tube, qui détermine le dégagement de l'air tenu en dissolution dans l'eau, augmente le résidu gazeux et induit en erreur sur son volume.

Pour analyser des gaz sur l'eau au moyen de l'appareil précédent, il est donc indispensable de laisser ouverte son extrémité inférieure, et par suite d'opérer sur un volume assez faible pour qu'au moment de la détonation le gaz ne puisse sortir du tube.

On peut aussi employer un eudiomètre dû à Gay-Lussac dans lequel la perte de gaz et le dégagement de l'air de l'eau deviennent impossibles.

Cet instrument se compose d'un tube de verre portant à son extrémité inférieure une fermeture à soupape, qui permet à l'eau de rentrer dans l'intérieur du tube dès que le vide tend à s'y former, et qui se ferme au moment de la détonation (fig. 26).

On emploie souvent dans les cours l'*eudiomètre de Volta*, qui se compose d'une éprouvette dans laquelle se fait la combustion, et d'un tube gradué, dans lequel on fait passer les résidus gazeux (fig. 27).

Au moyen d'un des eudiomètres que nous venons de décrire, on peut déterminer facilement la composition de l'air.

Supposons, en effet, que l'on ait introduit dans l'eudiomètre

100 volumes d'air et 100 volumes d'hydrogène, on y fait passer une étincelle électrique, et il se produit une absorption de 63 volumes dont le tiers, c'est-à-dire 21, représente tout l'oxygène que l'air contient, puisque l'hydrogène a été employé en excès.

Après la détonation, il est resté dans l'eudiomètre 137 volumes d'un mélange gazeux : on y fait passer un excès d'oxygène, 100 volumes par exemple, et on le fait détoner de nouveau : l'absorption est de 87 volumes ; le résidu est donc de 150 volumes ; il ne contient plus d'hydrogène, et si l'on y introduit un bâton de phosphore qui absorbe tout l'oxygène, il reste 79 volumes d'azote.

L'air soumis à l'expérience était donc formé de 21 d'oxygène et de 79 d'azote. Nous négligeons ici la vapeur d'eau et l'acide carbonique qui sont contenus dans l'air en faible proportion.

L'analyse de l'air au moyen de l'eudiomètre donne des résultats d'une exactitude parfaite, lorsqu'on a soin de préparer l'hydrogène au moment même où l'expérience doit être faite ; si l'hydrogène était conservé pendant quelque temps dans une éprouvette placée sur le mercure, il s'introduirait dans l'éprouvette une certaine quantité d'air qui rendrait l'analyse inexacte.

(*) MM. Gay-Lussac et de Humboldt ont fait remarquer dans leur beau travail sur l'eudiomètre que l'étincelle électrique ne détermine pas la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène dans tous les cas ; et que si l'oxygène est en grand excès relativement à l'hydrogène, par exemple, si le rapport des volumes est celui de 2 à 1, il reste toujours une portion d'hydrogène qui échappe à la combustion. Il peut même arriver que le mélange ne détone pas ; c'est ce qui a lieu quand le rapport devient celui de 16 à 1.

Certains gaz s'opposent à la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène. Quelques centièmes de gaz fluoborique, de gaz acide chlorhydrique, etc., empêchent la combustion d'un mélange explosif.



Fig. 27.

On a reconnu que, lorsque la pression diminue jusqu'à n'être plus que la dix-huitième partie de celle de l'atmosphère, l'étincelle électrique n'opère plus la combustion d'un mélange détonant.

On remplace quelquefois l'action de l'étincelle électrique dans les expériences eudiométriques par celle de la mousse de platine, qui détermine la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène. Dans ce cas on rend l'action de la mousse de platine moins rapide, en la mélangeant avec une certaine quantité d'argile. On forme ainsi de petites boules que l'on fixe à l'extrémité de tiges de fer, et qui peuvent servir indéfiniment, si l'on a le soin de les calciner légèrement avant chaque opération. Ces boules ont l'avantage de déterminer la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène dans les proportions qui constituent l'eau, quel que soit l'excès de l'un des gaz.

L'emploi du platine est d'ailleurs assez restreint dans les analyses des mélanges gazeux, parce que la présence d'un gaz étranger détruit presque toujours son action sur les mélanges d'oxygène et d'hydrogène.

Nous avons maintenant à faire connaître les différents modes d'analyse de l'air atmosphérique, que l'on doit à MM. Brunner, Dumas et Boussingault.

Procédé de MM. Dumas et Boussingault. — MM. Dumas et Boussingault ont exclu toute appréciation de volume dans

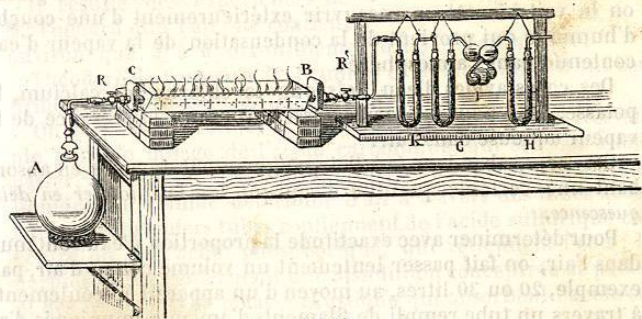


Fig. 28.

l'analyse de l'air atmosphérique, en dosant directement par la balance l'oxygène et l'azote de l'air (fig. 28).

L'appareil employé par ces chimistes consiste en un ballon vide d'air A, communiquant avec un tube CB, plein de cuivre métallique réduit par l'hydrogène, dont le poids a été pris exac-

tement, et qui porte deux robinets R, R' permettant de faire le vide dans l'intérieur.

Le cuivre étant chauffé au rouge, on ouvre le robinet R' par lequel arrive l'air, qui se dépouille de son acide carbonique et de sa vapeur d'eau en traversant une série de tubes K, G, H contenant des fragments de pierre ponce imbibés d'acide sulfurique très-concentré et de la potasse en dissolution concentrée ou en fragments.

L'air se précipite dans le tube, et cède aussitôt son oxygène au métal. Au bout de quelques minutes, on ouvre le second robinet R, ainsi que celui du ballon, et l'azote passe dans le ballon vide.

Les robinets demeurent ouverts, et à mesure que l'air afflue dans le tube il y abandonne son oxygène; le gaz qui pénètre dans le ballon est donc de l'azote pur.

Quand le ballon est presque entièrement rempli d'azote, on ferme les robinets. On pèse séparément le ballon et le tube qui sont pleins d'azote; on y fait le vide, puis on pèse de nouveau.

La différence de ces pesées donne le poids du gaz azote.

L'oxygène est représenté par l'excès de poids acquis pendant l'expérience par le tube contenant le cuivre.

Dosage de l'eau contenue dans l'air. — L'air atmosphérique contient toujours une certaine quantité de vapeur aqueuse. Pour reconnaître la présence de la vapeur d'eau, il suffit de laisser pendant quelque temps dans l'air un flacon rempli de glace; on le voit bientôt se recouvrir extérieurement d'une couche d'humidité qui provient de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

Des corps avides d'eau, tels que le chlorure de calcium, la potasse, etc., peuvent servir aussi à constater la présence de la vapeur aqueuse dans l'air.

Ces corps, abandonnés à l'air, augmentent de poids en absorbant une certaine quantité d'eau qui les fait *tomber en déliquescence*.

Pour déterminer avec exactitude la proportion d'eau contenue dans l'air, on fait passer lentement un volume connu d'air, par exemple, 20 ou 30 litres, au moyen d'un appareil à écoulement, à travers un tube rempli de filaments d'amiante imprégnés d'acide sulfurique concentré. L'acide sulfurique retient seulement l'humidité de l'air, et n'absorbe ni l'oxygène, ni l'azote, ni l'acide carbonique.

Le tube a été pesé exactement avant l'expérience; il est pesé après; son augmentation de poids fait connaître la proportion d'humidité contenue dans l'air; le volume de l'air est indiqué exactement par la quantité d'eau qui s'est écoulée.

Détermination de l'acide carbonique contenu dans l'air. — L'air contient de l'acide carbonique dont on peut constater la présence en abandonnant pendant quelque temps à l'air de l'eau de chaux. L'acide carbonique de l'air, se combinant avec la chaux, produit à la surface de l'eau une couche blanche cristalline de carbonate de chaux insoluble dans l'eau.

M. Thenard a le premier employé, en 1812, une méthode propre à déterminer avec exactitude la proportion de gaz acide carbonique contenu dans l'air.

Cette méthode consiste à faire le vide dans un ballon de verre d'une grande capacité, et à y recevoir de l'air dont on absorbe l'acide carbonique par de l'eau de baryte que l'on a mise préalablement dans le ballon (fig. 29). Le poids du carbonate de baryte donne celui de l'acide carbonique.



Fig. 29.

Si l'on suppose un ballon de 10 litres, dans lequel on a fait dix fois le vide, et que l'on a rempli d'air à dix reprises différentes, on aura en définitive opéré sur 100 litres d'air qui contiendront une quantité d'acide carbonique facile à déterminer.

Il résulte des expériences de M. Thenard que l'air ne contient environ que 3 à 6 dix-millièmes d'acide carbonique.

Théodore de Saussure, M. Brunner et M. Boussingault ont confirmé les résultats de M. Thenard.

On doit à MM. Brunner et Boussingault une méthode très-simple pour le dosage de l'acide carbonique, qui consiste à faire passer, à l'aide de l'aspiration produite par l'écoulement d'un liquide, un volume déterminé d'air à travers des tubes absorbants. Les premiers tubes contiennent de l'acide sulfurique concentré ou de l'acide phosphorique, qui retiennent l'eau; les derniers tubes renferment une dissolution concentrée de potasse et des fragments de potasse caustique qui absorbent l'acide carbonique.

(*) **Existence d'un principe hydrogéné et carboné dans l'air.** — Théodore de Saussure a montré le premier qu'il existe dans l'air une substance carbonée autre que l'acide carbonique. Il a introduit dans un eudiomètre de l'air dépouillé d'acide carbonique, ne troublant plus l'eau de chaux; il l'a mélangé avec

de l'hydrogène et soumis à l'influence de l'étincelle électrique.

Le gaz, après l'action de l'étincelle, précipitait l'eau de chaux; il contenait donc une proportion sensible d'acide carbonique, qui ne pouvait provenir que de la combustion d'un corps carburé.

Ces expériences ont été confirmées par M. Boussingault, qui a trouvé qu'indépendamment d'un corps carburé, l'air contient un corps hydrogéné.

M. Boussingault constata, en effet, qu'il se produit de l'eau et de l'acide carbonique, en faisant passer sur de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge, de l'air atmosphérique complètement privé d'eau et d'acide carbonique.

Plusieurs chimistes pensent que ce principe hydrogéné et carboné est peut-être du gaz des marais (C^2H^4), dont il se dégage des quantités considérables dans l'air.

On peut admettre aussi qu'une partie de l'eau et de l'acide carbonique formé dans les expériences précédentes, est due à la combustion des corps solides de nature organique, dont on constate facilement la présence dans l'air, et qui ne sont retenus qu'incomplètement par les tubes absorbants.

L'air atmosphérique est vicié dans certains cas par des substances de nature inconnue, qui donnent de l'odeur aux brouillards et occasionnent souvent des fièvres et des maladies contagieuses.

L'insalubrité de l'air dans les marais Pontins, dans les rizières de la Toscane, et dans tous les pays marécageux, ne peut laisser de doute sur l'existence des corps étrangers qui vicient l'air atmosphérique.

Ces substances délétères se développent pendant la putréfaction des matières végétales ou animales, et paraissent être solubles dans l'eau.

Thenard et Dupuytren ont démontré que de l'eau distillée très-pure exhalait bientôt une odeur désagréable, et devenait trouble, lorsqu'on la conservait dans un amphithéâtre de dissection.

On constate facilement dans l'air la présence des matières organiques qui en altèrent la pureté, en abandonnant dans cet air un vase contenant de la glace; l'eau qui se dépose à la surface du verre refroidi tient alors en dissolution des substances ou corpuscules qui se putréfient très-facilement, ces corpuscules sont formés non-seulement de matières minérales, mais encore de germes qui, placés dans des conditions convenables, se développent et reproduisent, comme l'a démontré M. Pasteur, les moisissures et tous les êtres organisés, dont on attribuait à tort l'origine à des générations spontanées.

Enfin, on a constaté par de nombreuses expériences la présence d'une très-faible quantité d'ammoniaque dans l'air.

Composition de l'air. — En appliquant à l'analyse de l'air les différentes méthodes que nous venons d'exposer, on trouve que l'air contient en volume :

20,80	volumes d'oxygène ;
79,20	— d'azote.
100,00	

Et en poids :

23,10	parties d'oxygène ;
76,90	— d'azote.
100,00	

Ces nombres résultent des expériences faites par MM. Gay-Lussac, Brunner, Dumas et Boussingault, qui présentent une entière concordance.

Dans les circonstances ordinaires, l'air contient de 3 à 6 millièmes d'acide carbonique, et de 6 à 9 millièmes de vapeur d'eau.

Les analyses d'air pris à de grandes hauteurs par Gay-Lussac, celles qui ont été exécutées récemment à Paris par MM. Dumas et Boussingault, et répétées à Berne, à Genève, à Bruxelles, à Copenhague, paraissent établir l'uniformité de constitution chimique de l'atmosphère, quant à la proportion d'oxygène et d'azote qu'elle contient.

(*) Cependant M. Lewy a constaté récemment que l'air recueilli sur la mer du Nord contient en poids 22,6 pour 100 d'oxygène, tandis que l'air de la terre en contient 23 pour 100.

M. Lewy attribue cette différence à ce que l'oxygène est plus soluble dans l'eau que l'azote, et à ce que les animaux qui peuplent les mers ont besoin d'oxygène pour leur respiration. A mesure que ces animaux s'emparent de l'oxygène dissous, la surface de la mer qui est en contact avec l'atmosphère lui enlève une nouvelle quantité d'oxygène.

La proportion de vapeur d'eau que contient l'air est sujette à de grandes variations. Elle dépend en général de la température de l'air et des masses d'eau qui s'évaporent dans certaines localités.

La proportion d'acide carbonique est aussi très-variable. On doit à Th. de Saussure des observations intéressantes sur les causes qui peuvent l'altérer.

Une pluie diminue la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air. En traversant l'atmosphère, l'eau se charge d'acide

carbonique et l'entraîne avec elle dans le sol ; ce gaz se dégage ensuite à mesure que la terre se dessèche.

Un hiver froid, accompagné de gelées qui dessèchent la terre, augmente la quantité d'acide carbonique de l'air ; le dégel la diminue.

Au-dessus des grands lacs, la proportion d'acide carbonique est moindre qu'à la surface de la terre. La différence est de 0,3 sur 10,000 parties d'air. La quantité d'acide carbonique augmente dans les lieux habités.

Sur les montagnes très-élevées, la proportion d'acide carbonique est plus considérable que dans les plaines, et ne paraît pas varier pendant le jour et la nuit.

Dans les plaines, elle éprouve des variations notables ; la proportion d'acide carbonique est plus forte la nuit que le jour de 0,34 sur 10,000 parties d'air. Ces changements, qui ont lieu ordinairement dans les premières heures après le lever du soleil, proviennent de la décomposition qu'éprouve l'acide carbonique sous l'influence des rayons solaires par les parties vertes des plantes.

MM. Boussingault et Lewy ont confirmé ces résultats, et se sont assurés que l'air d'une ville contient un peu plus d'acide carbonique que l'air de la campagne. Sur 10,000 volumes, l'air pris à Paris contenait 3,190 d'acide carbonique, et l'air pris à Andilly, près Montmorency, seulement 2,989.

(*) **Analyse de l'air confiné.** — Parmi les différentes causes qui font varier la composition de l'air confiné, on doit citer surtout la respiration des hommes et des animaux.

D'après M. Dumas, un homme brûle, par l'effet de sa respiration, tant en carbone qu'en hydrogène, une quantité équivalente à 12 grammes de carbone par heure. L'air sortant des poumons contient en moyenne 4 pour 100 d'acide carbonique.

La combustion est aussi une des causes de l'altération de l'air. 1 kilogramme d'acide stéarique verse, en brûlant dans une capacité de 30 mètres cubes, près de 4 pour 100 d'acide carbonique.

De nombreux appareils d'éclairage peuvent donc faire varier aussi la composition de l'air confiné et rendent indispensable le renouvellement de l'air. Cette quantité d'air à fournir par la ventilation est de 10 mètres cubes par heure, et par homme, si l'on veut que la respiration puisse se prolonger sans difficulté.

Les substances organiques abandonnées à l'air se décomposent, et transforment l'oxygène de l'air en acide carbonique.

On doit à M. Leblanc un travail complet sur l'air confiné, dans lequel ce chimiste a reconnu que l'oxyde de carbone, qui est un

des produits de la combustion du bois et du charbon, est éminemment délétère, et que de petites quantités de ce gaz suffisent pour rendre l'atmosphère irrespirable.

L'air atmosphérique est-il une combinaison ou un mélange ? — Lorsqu'on s'est assuré par l'analyse que l'oxygène et l'azote sont contenus dans l'air en proportions presque invariables, il reste à reconnaître si ces deux gaz existent dans l'air atmosphérique à l'état de combinaison ou de simple mélange.

Supposons que l'air soit une combinaison d'oxygène et d'azote : d'après les analyses dont nous avons donné les résultats, cette combinaison serait formée en volume de 20,8 d'oxygène et de 79,2 d'azote : l'air atmosphérique serait donc représenté par des quantités fractionnaires d'oxygène et d'azote.

On sait, d'après la loi de Gay-Lussac, que les gaz se combinent toujours dans des rapports très-simples en volume. L'air atmosphérique, considéré comme une combinaison, ferait donc une exception à la loi des rapports simples que l'on observe dans toutes les combinaisons chimiques.

De plus, on sait que l'on peut obtenir artificiellement de l'air atmosphérique en mélangeant l'oxygène et l'azote, dans la proportion de 20,8 d'oxygène et 79,2 d'azote. On devrait donc observer, au moment du mélange des deux gaz, quelques-uns des phénomènes qui accompagnent les combinaisons, tels qu'un dégagement de chaleur ou d'électricité, ou bien une variation dans le volume des gaz. Mais les appareils les plus délicats ne constatent aucune émission de chaleur ou d'électricité, aucune contraction quand on mêle l'oxygène et l'azote dans les proportions qui produisent l'air atmosphérique.

Lorsqu'on met l'air en contact avec l'eau, l'oxygène et l'azote se dissolvent dans les proportions indiquées par les solubilités respectives de ces deux gaz dans l'eau. Ainsi, l'oxygène étant plus soluble que l'azote, l'air dissous dans l'eau est plus riche en oxygène que l'air atmosphérique ordinaire. La solubilité d'un gaz composé est, au contraire, indépendante de la solubilité de ses éléments.

En comparant les analyses de l'air atmosphérique faites par Gay-Lussac au commencement de ce siècle, avec celles qui ont été entreprises dans ces derniers temps, on reconnaît que les proportions d'oxygène et d'azote contenues dans l'air n'ont pas varié. Cependant, les méthodes analytiques, très-perfectionnées d'ailleurs, n'étant pas d'une exactitude absolue, il pourrait se faire que la composition de l'atmosphère éprouvât des variations très-faibles, qui ne deviendraient appréciables que dans un grand

nombre d'années. Une série d'analyses entreprises par M. Regnault, dans ces dernières années, sur des échantillons d'air pris dans toutes les régions du globe, ont rendu cette dernière opinion très-probable.

Propriétés de l'air. — Phénomènes de combustion dans l'air. — On conçoit que les propriétés de l'air atmosphérique se composent de celles des deux gaz qui le constituent; l'action que l'air exerce sur un corps simple ou composé n'est autre que l'ensemble des actions de l'oxygène et de l'azote sur ce corps.

Quant à ses propriétés générales, l'air atmosphérique doit être considéré comme un fluide élastique permanent, inodore, insipide, incolore, dont la densité, représentée par l'unité, sert de terme de comparaison pour la densité des autres gaz.

Un litre d'air sec, sous la pression de 0^m,760 et à la température de 0°, pèse 1^{gr},293187 (M. Regnault).

La combustion dans l'air résulte de la combinaison du corps combustible ou de ses éléments avec l'oxygène atmosphérique. Dans toute combustion, l'oxygène est absorbé, et l'azote ne subit aucune altération.

Les produits de la combustion sont par eux-mêmes impropres à la combustion, et l'arrêteraient bientôt, s'ils ne se trouvaient remplacés par une nouvelle quantité d'air, dont l'oxygène vient entretenir constamment la combustion qui a commencé. De là, la nécessité d'établir dans les foyers ce qu'on appelle un *tirage*, pour entretenir la combustion par un courant d'air continu.

On sait que le bois brûle mal lorsque les produits de la combustion s'élèvent avec difficulté. Au contraire, la combustion est énergique dans un courant d'air rapide. En soufflant sur un corps qui brûle, on peut augmenter la vivacité de sa combustion jusqu'à le faire brûler comme dans l'oxygène pur: ainsi un barreau de fer, chauffé au rouge vif et présenté à la tuyère d'un soufflet de forge, brûle en lançant de brillantes étincelles.

C'est sur ce principe qu'est fondée la construction des soufflets ordinaires, et celle des machines soufflantes employées dans les usines.

La combustion dans l'air étant le résultat d'une combinaison des différents corps avec l'oxygène, on conçoit qu'elle doive s'arrêter si l'accès de l'air est supprimé. Ainsi on éteint du charbon en le recouvrant d'une cloche, ou en l'enfermant dans un étouffoir.

L'état de division des corps exerce une grande influence sur leur combustibilité; le fer, le charbon, les sulfures, etc., qui ne brûlent en général qu'à une température assez élevée, s'enflamment à la température ordinaire quand ils se trouvent exposés

à l'air dans un grand état de division. Les corps qui présentent ce phénomène sont appelés corps *pyrophoriques*; leur inflammation est produite par le dégagement de chaleur qui résulte de la condensation de l'air absorbé par leurs pores.

La combustion d'un corps allumé ne persiste que parce que la chaleur développée par la combustion d'une partie de sa masse porte les parties voisines de celles qui brûlent à la température convenable pour les faire brûler elles-mêmes. Au contraire, la combustion s'arrête lorsque le corps allumé éprouve un refroidissement tel qu'il ne puisse plus se combiner avec l'oxygène. Ainsi, un morceau de fer porté au rouge brûle dans l'oxygène pur et s'éteint dans l'air atmosphérique, parce que l'azote de l'air, en le refroidissant, arrête sa combustion. De même aussi, un jet d'air trop rapide, dirigé sur une bougie, éteint la flamme en abaissant sa température. Un morceau de braise s'éteint rapidement lorsqu'on le place sur une lame de fer qui le refroidit.

Les gaz, de même que les corps solides, cessent de brûler lorsqu'ils sont en contact avec des corps qui les refroidissent. Ainsi, une toile métallique à mailles très-serrées, introduite dans une flamme, la refroidit assez pour qu'elle ne puisse la traverser. Ce principe a fourni à Davy l'idée ingénieuse de la *lampe de sûreté*.

Cet instrument se compose d'une lampe à huile A entourée d'une toile métallique BDE. Lorsqu'on porte cette lampe dans un mélange explosible, il se produit une détonation dans l'intérieur; mais l'inflammation ne se communique pas à l'extérieur, la flamme étant refroidie par la toile métallique (fig. 30).

L'ouvrier mineur, qui travaille dans les houillères et se trouve souvent dans des mélanges détonants, est à l'abri de tout danger en se servant de la lampe de Davy. Un fil de platine très-fin, placé dans l'intérieur de la lampe, devient lumineux dans le mélange détonant qui s'introduit dans la lampe après la détonation, et permet à l'ouvrier de se diriger dans l'obscurité.

L'appareil de Davy présentait le grave inconvénient de donner peu de lumière; on emploie aujourd'hui la lampe de M. Combes, qui n'a pas ce défaut, tout en conservant les avantages de la lampe primitive.

Dans ce nouveau système de lampe, la mèche est entourée

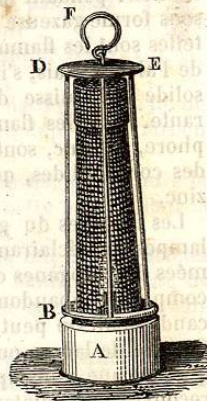


Fig. 30.