

Section de l'Ingénieur

H. HENRIET

LES GAZ

DE L'ATMOSPHERE

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

MASSON ET C^o

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Gouilly.	Minel (P.).
Alheilig.	Grimaux.	Miron.
Armengaud jeune.	Grouvelle (Jules).	Moëssard (C ^l).
Arnaud.	Guenez.	Moissan.
Baume-Pluvinel(dela).	Guillaumé (Ch.-Ed.).	Moissenet.
Bérard (A.).	Guye (Ph.-A.).	Monnier.
Bergeron (J.).	Guyou (Comm ^t).	Moreau (Aug.).
Berthelot.	Hatt.	Niewenglowski (G. H.).
Bertin.	Hôbert.	Naudin (Laurent).
Biglia.	Hennebert (C ^l).	Ouvrard.
Billy (Ed. de).	Henriet.	Perrin.
Bloch (Fr.).	Hospitalier (E.).	Perrotin.
Blondel.	Hubert (H.).	Picou (R.-V.).
Boire (Em.).	Hutin.	Poulet (J.).
Bornèque.	Jacométy.	Prud'homme.
Boucheron (H.).	Jacquet (Louis).	Rateau.
Bourlet.	Jaubert.	Resal (J.).
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Ricaud.
Caspari.	Launay (de).	Rocques (X).
Charpy (G.).	Laurent (H.).	Rocques-Desvallées.
Clugnet.	Lavergne (Gérard).	Rouché.
Croneau.	Léauté (H.).	Sarrau.
Damour.	Le Chatelier (H.).	Sauvage.
Dariès.	Lecomte.	Schloësing fils (Th.).
Delafond.	Lefèvre.	Schützenberger.
Drzewiecki.	Leloutre.	Seguela.
Dudebout.	Lenicque.	Seyrig (T.).
Dufour.	Le Verrier.	Sidersky.
Duquesnay.	Lindet (L.):	Sinigaglia.
Durin.	Lippmann (G.).	Sorel (E.).
Dwelshauvers-Dery.	Loppé.	Urbain.
Fabry.	Lumière (A.).	Vallier (Comm ^t).
Fourment.	Lumière (L.).	Vermand.
Fribourg (Comm ^t).	Madamet (A.).	Viaris (de).
Frouin.	Magnier de la Source.	Vignerou.
Garnier.	Marchena (de).	Vivet (L.).
Gastine.	Margerie.	Wallon (E.).
Gautier (Henri).	Meyer (Ernest).	Widmann.
Godard.	Michel-Lévy.	Witz (Aimé).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

HENRIET. — Les Gaz de l'atmosphère

. 1

Ce volume est une publication de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général, 169, boulevard Malesherbes, Paris.

N° 184 B

ENCYCLOPEDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LES

GAZ DE L'ATMOSPHERE

PAR

H. HENRIET

Ancien Élève de l'École de Physique et de Chimie
Industrielles de la Ville de Paris
Chimiste à l'Observatoire de Montsouris

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

PREFACE

L'étude chimique de l'atmosphère nécessite des recherches qu'il est indispensable de poursuivre pendant un temps très long, afin de ne pas donner l'importance d'une loi à des phénomènes qui peuvent n'être qu'accidentels. Il s'ensuit que le nombre des ouvrages relatant ces travaux de longue haleine est fort restreint.

C'est afin de combler cette lacune que nous avons essayé de réunir dans ce petit livre, aussi complètement et aussi succinctement que possible, les meilleurs procédés dont on dispose aujourd'hui. Cependant, nous n'avons pas eu la prétention d'écrire une histoire complète de l'atmosphère : un travail aussi complexe nous aurait entraîné trop loin.

Il nous a fallu passer sous silence tout ce qui a rapport aux mouvements de l'atmosphère, aux causes qui les déterminent, aux phénomènes qui en procèdent. L'étude des infiniment petits qui, dans la vie des plantes et des animaux, jouent un rôle si important, n'a pu également trouver place dans un cadre aussi étroit. Nous avons dû

nous borner à l'étude chimique des éléments qui entrent dans la composition de l'air à l'état normal, et si nous avons débuté par quelques aperçus généraux sur des lois physiques bien établies, c'est que ce sont elles qui servent en quelque sorte de base à cet ouvrage. Des détails techniques nous ont paru quelquefois nécessaires, mais nous les avons développés de telle sorte que, destinés en principe au monde savant, ils pourront cependant être lus et compris par tous ceux qui ne possèdent pas de connaissances spéciales en chimie. Nous espérons donc avoir ainsi réuni des documents capables de donner, chaque fois qu'on les consultera, des renseignements assez précis sur l'état actuel de la question.

Si ce modeste volume peut être de quelque utilité pour tous ceux que la science attire et intéresse, nous nous estimerons pleinement satisfait.

Nous adressons tous nos remerciements à M. Léauté, Directeur de l'Encyclopédie des Aide-Mémoire, pour son bienveillant accueil, ainsi qu'à M. Albert Lévy, Directeur du Service Chimique de l'Observatoire de Montsouris, auprès de qui nous avons toujours trouvé les encouragements les plus sympathiques et les conseils les plus éclairés.

H. HENRIET.

ÉTUDE PHYSIQUE

1. Formation de l'atmosphère. — L'enveloppe gazeuse qui nous environne, à laquelle nous devons en partie l'existence, qui nous dispense à profusion la chaleur et la lumière, n'a pas toujours existé telle que nous la trouvons aujourd'hui. Elle a subi des transformations nombreuses en même temps que la terre elle-même. Mais ces divers phénomènes ne se sont accomplis qu'au bout d'un temps énorme, que l'imagination a peine à concevoir, si l'on songe que la température de l'atmosphère qui sans doute était considérable, va sans cesse en diminuant, et met des milliers d'années pour baisser d'un degré.

A l'origine, d'après l'hypothèse de Laplace, la terre a été détachée de la nébuleuse qui lui a donné naissance, sous forme d'une masse gazeuse incandescente. La température de cette masse diminuant peu à peu, par suite de son rayonnement à travers l'espace, les corps les

moins volatils passèrent à l'état liquide et ceux-ci, animés par la force centrifuge, se formèrent à distance du centre, de sorte que le globe terrestre se trouvait composé d'une partie interne gazeuse, d'une enveloppe liquide et d'une couche gazeuse extérieure. La masse liquide continuant à se refroidir en augmentant de volume au contact des deux atmosphères qui l'entouraient, finit par se solidifier. Puis, peu à peu, les matières les plus facilement condensables s'étant réunies à l'écorce terrestre, la vapeur d'eau vint à son tour la recouvrir. C'est alors qu'apparurent les mers, les fleuves et les rivières, puis la vie végétale et animale.

La température du globe à cette époque était certainement plus élevée qu'aujourd'hui, car les vestiges que l'on retrouve des êtres vivants à cette période primitive, attestent, par leurs dimensions et leur structure, l'existence d'un milieu plus vital que le nôtre.

2. Pesanteur de l'air. — Si l'atmosphère lors de sa formation s'est dépouillée peu à peu des matières les plus lourdes qu'elle contenait, il semble naturel qu'elle possède encore un certain poids. Mais les anciens n'avaient pas nos connaissances et la pesanteur de l'air fut niée pendant plusieurs siècles. Cependant Empédocle, puis Aristote, ont pensé que l'air pesait mais ils n'ont jamais pu le démontrer.

Ce n'est qu'au xvii^e siècle que Torricelli, disciple de Galilée, mit en évidence, par une expérience restée célèbre, la pesanteur de l'air. Il remplit un tube de mercure, puis le renversant sur une cuve contenant également du mercure, remarqua que le niveau de celui-ci dans le tube se maintenait toujours à une hauteur de 27 pouces $\frac{1}{2}$ quelle que fut la longueur du tube. Il attribua ce phénomène à la pression de l'air mesurée d'ailleurs par le poids de la colonne mercurielle.

Pascal pensa que si le fait indiqué par Torricelli avait pour cause la pesanteur de l'atmosphère, le mercure devrait diminuer de hauteur à mesure qu'on s'élèverait, puisqu'on laisserait une couche d'air au-dessous de soi.

Il chargea son beau-frère Périer de faire l'expérience sur le Puy-de Dôme, laquelle réussit parfaitement. Il la vérifia lui-même ensuite au sommet de la tour Saint-Jacques, à Paris.

Vers la même époque, Otto de Guéricke, physicien de Magdebourg, en faisant le vide dans un ballon de verre, obtint en le pesant plein, puis vide, une différence égale au poids de l'air que pouvait contenir le ballon.

D'après la hauteur du baromètre, il est facile d'évaluer le poids de l'atmosphère. La colonne de mercure représente le poids d'une colonne

d'air de même base ; un centimètre cube de mercure pesant $13^{\text{gr}},6$, le poids de l'air par centimètre carré de surface sera représenté par le produit $13,6 \times 76$; soit $1^{\text{kg}},033$. La surface terrestre étant de 510 millions de kilomètres carrés environ, le poids approximatif de l'atmosphère totale sera de 5 quintillions de kilogrammes, c'est-à-dire à peu près la millionième partie de celui de la terre.

3. Hauteur de l'atmosphère. — L'atmosphère comme la terre est soumise à l'action de la force centrifuge. Elle présente donc une forme semblable, c'est-à-dire qu'elle s'étend plus loin à l'équateur qu'aux pôles. Laplace a calculé que le rapport de l'axe polaire à l'axe équatorial est $\frac{2}{3}$. D'autre part, la chaleur solaire dilatant la couche gazeuse, ajoute son action à celle de la force centrifuge, pour en augmenter la hauteur à l'équateur.

Il est, actuellement encore, impossible de donner exactement la hauteur de l'atmosphère, mais plusieurs procédés permettent cependant d'en avoir une idée approximative. La difficulté d'évaluation tient à la différence de densité des couches atmosphériques qui diminue graduellement à mesure qu'on s'élève, en suivant une loi jusqu'ici inconnue.

Cependant, l'étude du baromètre a permis d'établir d'après les observations qu'on a pu

faire aussi avant que possible dans l'atmosphère, une courbe représentative des altitudes, qui, asymptotiquement, tend vers les limites de l'enveloppe gazeuse de la terre.

La durée du crépuscule permet également d'obtenir une solution approchée. On conçoit, en effet, que l'intensité de la lumière crépusculaire et sa durée soient fonctions de la hauteur de l'atmosphère. Mais, la transparence de l'air, les vapeurs qu'il contient, sont autant de facteurs qui influent sur l'intensité lumineuse, comme la situation géographique et les saisons sur la durée du crépuscule.

Il s'ensuit que les divers observateurs ont obtenu des résultats bien différents : Képler évaluait la hauteur de l'atmosphère à 15 kilomètres ; Bravais au sommet du Faulhorn à 115 et Liais à 330. C'est ce dernier chiffre que l'on considère aujourd'hui comme le plus près de la vérité.

Les étoiles filantes qui sont des débris d'astres animés parfois de vitesses considérables, s'échauffent en traversant les régions élevées de l'atmosphère, au point de devenir incandescentes. L'observation de leur vitesse et de la durée de leur passage permet d'évaluer la hauteur de l'atmosphère à 70 ou 80 lieues au moins.

4. Élasticité de l'air. — L'air comme tous

les gaz est élastique, c'est-à-dire qu'il possède la propriété de se comprimer sous l'influence d'une force extérieure et de reprendre son volume primitif dès que cette force cesse d'agir.

La loi de Mariotte établit les relations qui existent entre les volumes gazeux et les pressions qu'ils subissent. Elle s'énonce de la façon suivante: Pour une même masse gazeuse et une température constante, les volumes sont en raison inverse des pressions.

Soit V le volume d'un gaz à la pression H . S'il est soumis à une pression H' , il occupera un volume V' . On aura alors l'égalité suivante :

$$\frac{V}{V'} = \frac{H'}{H}; \text{ ou } ; VH = V'H'.$$

On peut donc énoncer encore la loi comme suit: le produit du volume d'une même masse gazeuse par sa pression est constant.

La loi de Mariotte n'est exacte que dans certaines limites et pour des pressions peu considérables. Regnault a montré que pour des pressions un peu fortes, l'air ne suit plus la loi. M. Cailletet a établi que jusqu'à 80 atmosphères, l'air et l'azote se compriment plus que ne l'indique la loi de Mariotte et qu'au-delà, jusqu'à 700 atmosphères, le produit VH augmente d'une manière continue.

La chaleur augmente la pression de l'air si

son volume reste le même, ou son volume si sa pression ne change pas.

Regnault opérant sous volume constant; puis sous pression constante, a calculé le coefficient de dilatation de l'air, sensiblement le même d'ailleurs pour tous les gaz.

On appelle coefficient de dilatation d'un gaz, l'augmentation de l'unité de volume pour une élévation de température de 1°. Il est égal à 0,00367.

Supposons un gaz possédant un volume V à la pression H et à la température t . Son volume à une température t' et à une pression H' sera :

$$(1) \quad V' = V \frac{H(1 + 0,00367 t')}{H'(1 + 0,00367 t)}$$

La densité de l'air a été prise pour unité dans la mesure du poids des gaz. Regnault a déterminé, avec beaucoup d'exactitude, le poids d'un litre d'air sec à 0° et 760 millimètres. Il a trouvé : 1^{er},293187.

Ce chiffre permet de calculer le poids des volumes gazeux à toutes les pressions et à toutes les températures. Ainsi, le poids du volume V de la formule (1) sera :

$$P = \frac{V.h.D \times 1,293}{(1 + 0,00367 t) \times 760};$$

Dans cette formule, h représente H réduite à 0° et D la densité du gaz.

On réduit à 0° une hauteur barométrique, d'après l'équation suivante :

$$h = H. \frac{5\,550}{5\,550 + 1} (1 + kt)$$

h est la hauteur réduite ; H la hauteur observée, corrigée de la capillarité ; t la température de l'expérience ; k le coefficient de dilatation linéaire de l'échelle.

Un volume d'air humide V à une température t , réduit à 0° et à 760 millimètres, sera égal à :

$$V_0^{760} = \frac{V_t \times (H - F)}{(1 + 0,00367 t) \times 760}.$$

H est la pression observée ; F , la tension maxima de la vapeur d'eau à la température t .

Si l'air n'est pas saturé d'humidité, on remplacera F par le produit $F \times E$; E étant l'état hygrométrique de l'air au moment de l'expérience.

5. Électricité. — L'électricité se trouve dans l'air, non pas seulement pendant les orages, mais en tous temps. On la mesure aujourd'hui dans tous les observatoires et au moyen de différents appareils, parmi lesquels nous citerons l'électromètre enregistreur.

Chaque jour, après le lever du soleil ou après son coucher, la quantité d'électricité croît très rapidement jusqu'à 10 heures du matin ; elle

diminue ensuite peu à peu et passe par un minimum vers 2 heures de l'après-midi. Ces deux phénomènes se reproduisent dans la même journée 12 heures plus tard.

Il y a là une oscillation double qui semble liée aux variations hygrométriques de l'air. Voici comment Marié-Davy l'explique : « L'air, mauvais conducteur de l'électricité quand il est sec, se laisse traverser par cet agent avec une facilité relative d'autant plus grande qu'il est plus humide. La précipitation de la rosée pendant la nuit permet aux couches inférieures de l'atmosphère de se décharger de leur électricité. Ce dépôt cesse au lever du soleil ; mais les couches d'air moyennes, encore fraîches et humides, laissent descendre l'électricité des couches supérieures dans les couches inférieures, dont la charge augmente. Dans le milieu du jour, ce transport s'arrête ; dans les journées chaudes, l'air tend à monter de la surface terrestre vers les hauteurs de l'atmosphère, et ce mouvement tend à éloigner les couches électrisées. Le mouvement ascendant se suspend ou se renverse dans la soirée, en même temps que l'air plus froid devient plus humide ; l'électricité des couches élevées redescend donc vers le sol ».

Dans les lieux dominés par des rochers, des arbres ou des édifices, on ne constate pas la

présence de l'électricité. Elle se manifeste, au contraire, à quelques mètres au-dessus du sol en rase campagne et augmente à mesure qu'on s'élève.

On a constaté qu'elle varie annuellement, en fournissant un maximum très marqué en hiver et un minimum en été.

Les lois qui régissent l'électricité atmosphérique sont loin d'être connues. Peut-être seraient-elles d'un grand secours au météorologiste et lui livreraient-elles le secret de bien des phénomènes ?

6. Températures et pressions. — La mesure des températures de l'air se fait dans les stations météorologiques au moyen de trois thermomètres dont un à maxima et un à minima ; on y adjoint généralement un thermomètre enregistreur.

L'installation de ces instruments exige certaines précautions. Ils doivent être placés loin des habitations, des murs, des corps volumineux en général, afin d'éviter la réflexion des rayons calorifiques qui pourraient les influencer. De plus, il faut les protéger contre les vents. A cet effet, on place à l'est et à l'ouest deux montants verticaux entre lesquels sont situés deux toits de zinc parallèles entre eux et inclinés vers le sud de 30° environ. Le toit inférieur, par suite de cette inclinaison, est plus petit que

l'autre, afin qu'il ne reçoive pas les rayons directs du soleil. Les thermomètres sont placés sous ces deux plans et abrités à l'est et à l'ouest par deux volets verticaux qui arrêtent les rayons du soleil levant ou couchant. Des arbustes sont plantés sur le pourtour, sauf sur le côté nord, afin d'abriter le sol, dont on évite le rayonnement en le gazonnant.

Dans les pays où des vents violents pourraient briser les instruments, on dispose sous l'abri, une caisse à persiennes de tôle mince, pour laisser circuler l'air, la tôle prenant rapidement la température. Il faut avoir soin alors d'agrandir le toit pour empêcher la caisse de recevoir les rayons directs du soleil.

La température, chaque jour, augmente au fur et à mesure que le soleil s'élève ; elle passe par un maximum vers le plein du jour pour décroître ensuite au coucher du soleil. Les écarts qu'elle présente sont plus grands dans les pays où le ciel est serein que dans ceux où il est brumeux ; nous en verrons la raison plus tard en étudiant la vapeur d'eau.

La rotation de la terre est la cause des variations diurnes de la température, mais son mouvement de translation autour du soleil qui l'échauffe inégalement d'un bout de l'année à l'autre, produit les différences mensuelles.

A Paris, la moyenne des températures pour

les mois extrêmes de l'année est de 2° environ en janvier et de 19° en juillet. La température la plus élevée qui ait été observée à la surface de la terre à l'ombre, a été de 56°,2 à Moursouk (Afrique) et la plus basse de 59° à Jakoutsk (Asie).

Les lignes *isothermes*, c'est-à-dire celles qui réunissent tous les points du globe dont la température annuelle est la même, ne sont pas, comme on pourrait le supposer, exactement parallèles à l'équateur ; elles s'inclinent vers le sud sur notre continent et sont plus élevées à l'ouest qu'à l'est.

Les lignes *isothermes*, qui joignent les points de même température moyenne en hiver ou en été, remontent un peu vers le pôle sur notre hémisphère.

Quand on s'élève dans l'atmosphère, la température diminue d'environ 1° pour 190 mètres. Pourtant la limite inférieure des neiges sur les montagnes varie considérablement. Tandis que dans les Alpes, elle est à 2 700 mètres, elle atteint, sur le versant nord de l'Himalaya, 5 000 mètres et sur le versant méridional, ce qui semble assez étrange, 4 000 mètres à peine.

Les variations barométriques pour une même hauteur dépendent essentiellement du mouvement des couches atmosphériques occasionné par la chaleur. Le matin, l'air s'échauffant se

dilate et refoule les couches supérieures ; de là l'excès de pression qu'on observe généralement à ce moment. A mesure que la température augmente, cet obstacle diminue avec la densité de l'air et on constate une baisse du baromètre. Il remonte vers le soir, quand l'air inférieur commence à se refroidir et à se contracter, car les couches supérieures éprouvent alors un mouvement vers le sol.

7. Lumière. — Si l'atmosphère n'existait pas, nous n'aurions ni aurore ni crépuscule et la verdure serait inconnue. Dès que le soleil disparaîtrait à l'horizon, la terre serait plongée dans une obscurité complète. De plus, pendant le jour, les objets ne recevraient de lumière que directement et au lieu de la voûte azurée que nous voyons au-dessus de nos têtes, resplendissante de clarté, tout ne serait que ténèbres.

C'est donc à la réflexion de tous les rayons solaires sur les couches atmosphériques agissant comme autant de miroirs que nous devons le développement de la partie verte des plantes, ainsi que l'irradiation des beaux jours. C'est l'atmosphère aussi qui répand les parfums pénétrants et suaves qui viennent de la terre ; c'est elle enfin, qui, répercutant les ondes sonores, porte à notre oreille les mille bruits de la nature, depuis le susurrement de l'insecte et le bruissement des feuilles, jusqu'au mugissement de la tempête et aux éclats de la foudre.

ÉTUDE CHIMIQUE

CHAPITRE PREMIER

COMPOSITION DE L'ATMOSPHERE

8. Historique. — L'air a été longtemps regardé comme un corps simple et les anciens ont émis sur sa constitution les hypothèses les plus invraisemblables.

Stahl, qui vivait aux xvii^e et xviii^e siècles, croyait les métaux formés de deux principes : l'un combustible, qu'il nommait *phlogistique* (flamme) et l'autre à l'état de rouille qu'il appelait *chaux*. Il admettait que lorsqu'on chauffait un métal, le phlogistique disparaissant, la chaux restait seule et que si on fournissait, par contre, du phlogistique à une chaux en la chauffant

avec du charbon par exemple, corps très riche en phlogistique, on reconstituait le métal.

Nous savons aujourd'hui qu'il n'en est pas ainsi, puisque c'est par addition d'oxygène qu'un métal devient oxyde et que la réduction de cet oxyde donne un métal ; mais les apparences semblaient donner raison à Stahl.

Une objection importante paraissait pourtant devoir l'embarrasser lui et ses partisans, car, lorsqu'on chauffe un métal il augmente de poids, ce qui indiquerait qu'il ne *perd* pas de phlogistique. Mais quand on s'acharne à défendre une hypothèse, les raisons ne manquent pas, si mauvaises soient-elles ; aussi expliquait-on l'augmentation de poids par la tendance qu'avait le phlogistique à soulever les corps, puisqu'il était plus léger que l'air.

Or, on sait très bien qu'un corps, si léger qu'il soit, a toujours un poids, ce qui réduit à néant la théorie du phlogistique.

C'est Lavoisier, né à Paris en 1743, qui le premier établit la composition de l'air.

Il crut avec raison que l'air est un fluide composé de tous les fluides capables d'exister à l'état de vapeurs, d'une façon constante, dans les conditions habituelles de température et de pression ; puis il chercha à déterminer le nombre et la nature de ces fluides.

Ses beaux travaux l'ont conduit à la décou-

verte de l'oxygène dans l'air (1) ainsi qu'à celle du rôle de ce gaz dans la nature.

« L'air de l'atmosphère, dit-il, est principalement composé de deux fluides aériformes ou gaz : l'un respirable, susceptible d'entretenir la vie des animaux, dans lequel les métaux se calcinent et les corps combustibles peuvent brûler ; l'autre qui a des propriétés absolument opposées, que les animaux ne peuvent respirer, qui ne peut entretenir la combustion. Nous avons donné à la base de la portion respirable de l'air, le nom d'*oxygène*, en le dérivant des deux mots grecs, *ὄξυς*, *acide* et *γεννομι*, *j'engendre*, parce qu'en effet une des propriétés les plus générales de cette base est de former des acides en se combinant avec la plupart des substances...

« Les propriétés chimiques de la partie non respirable de l'air de l'atmosphère n'étant pas encore très bien connues, nous nous sommes contenté de déduire le nom de sa base de la propriété qu'a ce gaz de priver de la vie les animaux qui la respirent, nous l'avons donc nommé *azote*, de l' α privatif des Grecs, et de *ζωη*, *vie* ; ainsi, la partie non respirable de l'air sera le gaz azotique... (2) »

- (1) Priestley avant Lavoisier, avait retiré l'oxygène de l'oxyde rouge de mercure et l'avait nommé air déphlogistiqué.

(2) LAVOISIER. — *Œuvres*, t. I.

19. Premières déterminations de l'oxygène et de l'azote. — Rien de plus remarquable que l'expérience qu'a faite Lavoisier pour établir la composition de l'air. Nous croyons qu'il n'est pas sans intérêt de la rapporter ici :

« J'ai pris un matras de 36 pouces cubiques environ de capacité, dont le col était très long et avait six à sept lignes de grosseur intérieurement. Je l'ai courbé, de manière qu'il pût être placé dans un fourneau, tandis que l'extrémité de son col irait s'engager sous la cloche placée dans le bain de mercure. J'ai introduit dans ce matras 4 onces de mercure très pur, puis, en suçant avec un siphon que j'ai introduit sous la cloche, j'ai élevé le mercure ; j'ai marqué soigneusement cette hauteur avec une bande de papier collé, et j'ai observé exactement le baromètre et le thermomètre.

« Les choses ainsi préparées, j'ai allumé du feu dans le fourneau, et je l'ai entretenu presque continuellement pendant douze jours, de manière que le mercure fût échauffé jusqu'au degré nécessaire pour le faire bouillir.

« Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour : le mercure, quoique non bouillant, était dans un état d'évaporation continuelle, il tapissait l'intérieur des vaisseaux de gouttelettes, d'abord très fines, qui allaient ensuite en augmentant, et qui, lorsqu'elles

avaient acquis un certain volume, retombaient d'elles-mêmes au fond du vase et se réunissaient au reste du mercure. Le second jour, j'ai commencé à voir nager à la surface du mercure de petites parcelles rouges, qui, pendant quatre ou cinq jours, ont augmenté en nombre et en volume, après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de douze jours, voyant que la calcination du mercure ne faisait plus aucun progrès, j'ai éteint le feu et j'ai laissé refroidir les vaisseaux. Le volume de l'air contenu tant dans le matras que dans son col et sous la partie vide de la cloche était, avant l'opération, de 50 pouces cubiques environ. Lorsque l'évaporation a été finie, ce même volume, à pression et à température égales, ne s'est plus trouvé que de 42 à 43 pouces ; il y avait eu, par conséquent, une diminution de volume d'un sixième environ. D'un autre côté, ayant rassemblé soigneusement les parcelles rouges qui s'étaient formées, et les ayant séparées, autant qu'il était possible, du mercure coulant dont elles étaient baignées, leur poids s'est trouvé de 45 grains.

« L'air qui restait après cette opération, et qui avait été réduit aux cinq sixièmes de son volume par la calcination du mercure, n'était plus propre à la respiration ni à la combustion ; car les animaux qu'on y introduisait y périssaient en peu

d'instant, et les lumières s'y éteignaient sur-le-champ, comme si on les eût plongées dans l'eau... (1) ».

Ainsi donc, Lavoisier avait constaté que l'air renferme $\frac{5}{6}$ d'azote et $\frac{1}{6}$ d'oxygène. Ces chiffres ne sont qu'approximatifs il est vrai, mais ils marquent les premiers pas d'une étape qui devait être féconde.

Ce furent Gay-Lussac et Humboldt qui, avec l'eudiomètre à mercure, firent de l'air la première analyse exacte. Ils trouvèrent que 100 volumes d'air contiennent 21 volumes d'oxygène et 79 d'azote.

Nous verrons un peu plus loin comment Dumas et Boussingault arrivèrent à fixer les proportions exactes de l'oxygène et de l'azote atmosphériques, au moyen d'une méthode pondérale.

On sait aujourd'hui qu'indépendamment de l'azote et de l'oxygène qui forment les éléments essentiels de l'air, il s'y trouve encore d'autres gaz qui ont donné lieu à de forts beaux travaux ; tels sont : l'argon, la vapeur d'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'ozone, etc., que nous étudierons particulièrement.

(1) LAVOISIER. — *Œuvres*, t. I.

ÉLÉMENTS FIXES

CHAPITRE II

OXYGÈNE

10. Origines de l'oxygène. — Il semble *a priori* que l'oxygène devait exister dans l'atmosphère en même temps que les autres gaz. M. Phipson ⁽¹⁾ pense tout autrement.

Il admet que, dans l'atmosphère primitive, l'azote, en raison de son peu d'affinité pour les autres corps, dominait mélangé à l'acide carbonique et à la vapeur d'eau. Dans cette atmosphère, les premières plantes ont versé de l'oxygène dont la proportion a augmenté continuellement et graduellement.

⁽¹⁾ T.-L. PHIPSON. — *Comptes-rendus*. t. CXVI-1893 et CXXI-1895.

Les plantes actuelles sont essentiellement anaérobiques, car végétant dans une atmosphère primitive artificielle, formée d'azote humide et d'acide carbonique, elles peuvent exister sans oxygène libre pendant des mois entiers et arriver même, au bout d'un certain temps, à convertir leur milieu gazeux en air oxygéné de plus en plus riche.

M. Phipson dit que les premières plantes qui ont paru sur la terre et dans les eaux étaient les plus inférieures et il a constaté que précisément elles dégagent poids pour poids beaucoup plus d'oxygène que les plantes supérieures ; les algues unicellulaires entre autres, donnent au moins cinquante fois plus d'oxygène que le *Polygonum aviculare*.

A mesure que la cellule anaérobique s'est trouvée en contact avec une atmosphère plus oxygénée, elle s'est lentement modifiée, pour devenir aérobique, versant alors dans l'air, non plus de l'oxygène, mais de l'acide carbonique.

11. Rôle de l'oxygène atmosphérique. — La respiration des animaux et des plantes n'est autre chose qu'une combustion. Quand on brûle du charbon à l'air, il s'empare de l'oxygène pour former de l'acide carbonique ; le carbone des tissus en contact aux poumons avec l'oxygène, se transforme de même. S'il ne se produit pas d'incandescence, il y a cependant un dégage-

ment de chaleur important, puisqu'il maintient constante la température du corps.

La vie animale n'a pris naissance sur la terre que lorsque la quantité d'oxygène a été suffisante au développement des cellules. Si ce gaz augmente sans cesse mais aussi très lentement, comme il est permis de le supposer d'après les études de M. Phipson, il est probable que dans des milliers de siècles, la vie sur la terre sera tout autre et que les organes des êtres actuels seront complètement modifiés.

Il est vrai que la respiration et les combustions tendant à diminuer l'oxygène, on est en droit de penser qu'il peut s'établir un certain équilibre entre l'oxygène produit et l'oxygène consommé, mais nous objecterons que la quantité de ce gaz dans l'atmosphère est infiniment supérieure à celle qui nous est nécessaire et que, par conséquent, selon toute vraisemblance, il y aura plutôt tendance à l'augmentation.

L'oxygène est le principe le plus actif de l'atmosphère : non seulement il intervient dans la respiration et la combustion, mais encore dans presque tous les phénomènes chimiques qui se produisent à la surface du globe.

Bien des corps subissent à froid son action immédiate : le phosphore, le potassium, le sodium, les sels ferreux, chromeux, manganoux, cuivreux, mercureux, les sulfures, etc., etc., s'y

combinent directement. Certains gaz tels que le bioxyde d'azote, l'hydrogène phosphoré, etc., se transforment immédiatement en acide hypoazotique, acide phosphorique, etc., pendant que l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux, par exemple, en solution dans l'eau, deviennent, au bout d'un certain temps, l'un du soufre, l'autre de l'acide sulfurique.

Tous les métaux en général, à l'exception de l'argent, du platine, de l'or et de quelques autres assez rares, se recouvrent, à la longue, d'une couche d'oxyde ou d'hydrocarbonate qui souvent les protège contre une attaque trop profonde.

Cependant, le fer, sous l'influence de l'oxygène de l'air, de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique, se rouille peu à peu et l'action lente qui se produit sur le métal peut aller jusqu'à sa transformation complète.

On utilise parfois industriellement l'action directe de l'oxygène. En voici quelques exemples :

Les huiles connues sous le nom de *siccatives*, ne doivent leur propriété de se sécher rapidement à l'air en se résinifiant, qu'à l'oxygène qu'elles absorbent assez rapidement. La teinture à l'indigo se fait en réduisant celui-ci par l'hydrosulfite de soude et en exposant à l'air les étoffes trempées dans l'indigo blanc formé qui, soluble, les pénètre facilement, de façon à ce que

l'oxygène, agissant pour régénérer l'indigotine, leur donne une teinte bleue solide et durable. Les pyrites ferrugineuses ou bisulfures de fer, sous l'influence de la vapeur d'eau et de l'oxygène, donnent du sulfate de fer, dont l'industrie fait le plus grand usage.

Les phénomènes d'oxydation par action directe, sont excessivement nombreux. Tant sur les minéraux ou matières minérales, que sur les corps organiques, l'oxygène exerce une action continuelle soit rapide, soit lente, et son rôle sur notre terre est d'une importance capitale.

12. Variations. — Il est à peu près impossible de constater dans l'air les variations de l'oxygène. Dumas et Boussingault estiment que l'analyse au $\frac{1}{1000}$ ne suffirait pas.

« Supposons avec B. Prévost, disent-ils, que chaque homme consomme 1 kilogramme d'oxygène par jour, qu'il y ait 1 000 millions d'hommes sur la terre, et que, par l'effet de la respiration des animaux ou par la putréfaction des matières organiques, cette consommation attribuée aux hommes soit quadruplée, supposons de plus que l'oxygène dégagé par les plantes vienne compenser seulement l'effet des causes d'absorption d'oxygène oubliées dans notre estimation ; ce sera mettre bien haut, à coup sûr, les chances d'altération de l'air. Eh bien ! dans cette hypothèse exagérée, au bout d'un siècle, tout le genre

humain réuni, et trois fois son équivalent, n'aurait absorbé qu'une quantité d'oxygène égale à 15 ou 16 cubes de cuivre de 1 kilomètre de côté, tandis que l'air en renferme près de 134 000 (1).

« Ainsi, prétendre qu'en y employant tous leurs efforts, les animaux qui peuplent la surface de la terre pourraient en un siècle souiller l'air qu'ils respirent au point de lui ôter la huit millième partie de l'oxygène que la nature y a déposé, c'est faire une supposition infiniment supérieure à la réalité.

« Rien de plus facile à vérifier que cette conclusion dans ce qu'elle a de général. La respiration des animaux produit de l'acide carbonique; les plantes le détruisent en s'emparant du carbone et restituent l'oxygène à l'air. Les modifications que l'air peut éprouver sous le rapport de l'oxygène seront donc tout au plus du même ordre que les modifications sous le rapport de l'acide carbonique. Or, il a été facile d'estimer rigoureusement la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air; cette quantité varie de quatre dix-millièmes à six dix-millièmes en volume. En supposant que cet acide carbonique vienne de l'oxygène fourni par l'air et qu'il n'ait rien de commun avec celui que les volcans émettent

(1) Les cubes de cuivre dont il est question, représentent le poids total de l'oxygène dans l'atmosphère;

sans cesse, la différence de ces nombres, qui est égale à deux dix-millièmes du volume de l'air, exprimerait la variation que l'oxygène y aurait éprouvée. Ainsi, dans 10 000 volumes d'air, on trouverait 2 081 ou 2 083 d'oxygène. Cette différence serait évidemment inappréciable, si l'on se bornait à analyser 10 grammes et même 25 grammes d'air, comme nous l'avons fait, puisqu'elle serait représentée par 2 ou 3 milligrammes environ. En opérant sur 1 000 grammes d'air, la différence deviendrait égale à 200 ou 300 milligrammes. Il faut en arriver là si l'on veut que l'analyse de l'air puisse réellement devenir de quelque utilité dans la discussion générale des lois de la physique du globe » (1).

On voit, par cela même, que la quantité d'oxygène ne varie pas dans l'air d'une manière appréciable et est répartie uniformément en tous les points du globe.

Regnault (2) qui fit prélever dans tous les pays des échantillons d'air dont il exécuta l'analyse eudiométrique avec un soin scrupuleux, trouva que les variations de l'oxygène et de l'azote n'atteignaient pas plus de quelques dix-

(1) DUMAS et BOUSSINGAULT. — *Annales de chimie et de physique*, 1841.

(2) REGNAULT. — *Annales de chimie et de physique*, 1853.

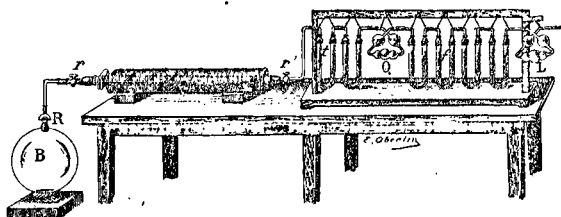
millièmes, imputables d'ailleurs aux erreurs possibles d'analyse.

Pourtant, dans les airs confinés, alors que l'acide carbonique se forme aux dépens de l'oxygène, les proportions de ce dernier gaz sont très variables et il est parfois utile et intéressant de les déterminer.

13. Dosage. — Dumas et Boussingault ⁽¹⁾, ont effectué l'analyse de l'air par une méthode pondérale très exacte.

Un gros ballon, dans lequel on a fait le vide et qu'on a pesé ensuite, est mis en communication avec un tube plein de cuivre réduit et bien sec (fig. 1). L'autre extrémité de ce tube est réunie à des tubes en U et à boules, qui servent à retenir

Fig. 1



l'acide carbonique et la vapeur d'eau. Le tube qui contient le cuivre métallique est chauffé au rouge sur une grille.

(1) DUMAS et BOUSSINGAULT. — *Annales de chimie et de physique*, t. III, p. 257.

On ouvre le robinet du ballon de façon à ce que l'air atmosphérique entre lentement dans l'appareil. Dès qu'il passe sur le cuivre, il abandonne tout son oxygène, pour former de l'oxyde de cuivre, et de l'azote pur entre dans le ballon. Quand celui-ci est à peu près plein, on ferme le robinet puis on pèse à nouveau : la différence de poids représente l'azote. Il en reste cependant une partie dans le tube à cuivre, qui a été pesé plein de cuivre et vide d'air avant l'analyse. Après l'opération, la différence des poids représente la quantité d'oxygène absorbé par le cuivre, plus celle de l'azote restant. On fait alors le vide et on repèse. En retranchant cette troisième pesée de la seconde, on a le poids de l'azote qui reste dans le tube ; on l'ajoute à celui que contient le ballon. Le poids de l'oxygène seul est représenté par l'augmentation du poids du cuivre.

La rapidité du courant d'air qui traverse l'appareil peut être assez grande et aller jusqu'à 10 litres par heure sans inconvénient. Dans ces conditions, l'oxydation du cuivre ne dépasse guère, dans le tube, 2 ou 3 centimètres de longueur. En triplant la vitesse, tout l'oxygène est encore absorbé. Il ne faut pas cependant opérer ainsi, si l'on veut être absolument certain d'avoir de bons résultats.

Afin d'éviter la présence de l'eau dans le cuivre

employé, on le chauffe au rouge et on y fait passer quelques litres d'air. On laisse refroidir, puis on fait le vide dans le tube.

La moyenne des analyses de Dumas et Bous-singault leur a fourni les nombres suivants :

Oxygène	2 ^{kg} ,301
Azote	7, 699
TOTAL.	10, 000

Ces résultats représentent en volume pour 100 litres d'air :

Oxygène	20 ^{lit} ,80
Azote	79, 20
TOTAL.	100, 00

Les nombres les plus récents que nous ayons sur la composition de l'air sont dus à M. A. Leduc (1).

Il a trouvé :

Composition	Azote	Oxygène	Argon
En poids	75,50	23,20	1,30
En volume	78,06	21,00	0,94

On peut doser l'oxygène volumétriquement par plusieurs procédés.

Le plus simple consiste à introduire sous une grande cloche graduée, reposant sur le mercure,

(1) A. LEDUC. — *Comptes-rendus*, 16 novembre 1896.

un certain volume d'air, en ayant soin de noter la température et la pression. On fait passer ensuite sous la cloche un bâton de phosphore ; l'oxygène absorbé peu à peu est transformé en acide phosphorique. Après 24 heures, quand le phosphore n'émet plus aucune lueur, l'oxydation est terminée. On enlève alors le phosphore et on mesure le nouveau volume gazeux formé de tout l'azote et de l'acide carbonique. La différence des lectures ramenées à 0° et 760 millimètres donne le volume de l'oxygène.

La méthode de Liebig repose sur cette observation de Chevreul et de Döbereiner, que l'acide pyrogallique dans les solutions alcalines absorbe l'oxygène abondamment.

On prend comme précédemment un tube de 20 centimètres cubes, gradué en dixièmes de centimètres cubes, et plongeant dans le mercure. On l'emplit aux deux tiers, de l'air à analyser que l'on mesure exactement avec les précautions habituelles. Au moyen d'une pipette à pointe recourbée, on introduit dans le tube 1 centimètre cube environ de lessive de potasse, de densité 1,4 (une partie de potasse et deux d'eau). L'acide carbonique et la vapeur d'eau sont absorbés et on lit le nouveau volume. Avec une autre pipette, on introduit ensuite un volume égal à la moitié de celui de la potasse, d'une solution d'acide pyrogallique faite avec 1 gramme d'acide et 5 à six

centimètres cubes d'eau. On agite la cloche dans la cuve à mercure, jusqu'à ce que le volume ne change plus ; tout l'oxygène est alors absorbé. On lit le volume gazeux restant que l'on retranche de la lecture précédente : la différence donne le volume de l'oxygène.

Il peut se former pendant l'absorption une petite quantité d'oxyde de carbone qui reste avec l'azote, mais cela n'influe pas sensiblement sur les résultats.

Les méthodes eudiométriques permettent d'opérer très rapidement tout en obtenant des résultats très exacts. Elles reposent toutes sur le fait suivant : quand on opère la combustion d'un mélange d'air et d'hydrogène pur à volumes égaux, tout l'oxygène disparaît sous forme d'eau qui se condense et il reste l'azote et l'hydrogène en excès. Le volume d'oxygène contenu dans le mélange est égal à un tiers du volume disparu, puisque deux volumes d'hydrogène se combinent à un d'oxygène.

Si donc, on mesure dans un *eudiomètre* (qui n'est autre chose qu'une cloche graduée, reposant sur le mercure et traversée par deux fils métalliques entre lesquels on peut faire jaillir une étincelle électrique) un volume d'air, puis un égal volume d'hydrogène, après l'explosion, le volume disparu divisé par 3, donnera celui de l'oxygène contenu dans le mélange.

Les eudiomètres ont été perfectionnés de plusieurs manières.

Bunsen faisait les lectures au moyen d'une lunette, et lisait les volumes gazeux sous la pression à laquelle ils se trouvaient, sans s'astreindre à les ramener à la pression atmosphérique. Son eudiomètre lui permettait de faire détoner les gaz ou d'opérer par absorption.

Dans l'appareil de Regnault, qui permet d'obtenir des résultats d'une exactitude remarquable, le tube eudiométrique est composé de deux branches dont l'une s'ouvre dans l'atmosphère et est séparée des gaz à analyser contenus dans l'autre, formant l'eudiomètre proprement dit, par une colonne de mercure. Les tubes ne sont pas jaugés mais seulement divisés en millimètres et les mesures des volumes sont remplacées par des mesures de force élastique, c'est-à-dire des hauteurs de colonnes mercurielles.

Nous ne pouvons décrire ici tous ces appareils qu'on trouvera d'ailleurs dans tous les traités sur l'analyse des gaz ; il nous suffit d'en indiquer le principe et d'en citer quelques-uns pour mémoire.

CHAPITRE III

AZOTE

14. Rôle de l'azote atmosphérique. — Si l'atmosphère se composait d'oxygène pur, étant donné ses propriétés énergiques et son action sur les êtres organisés, l'existence telle que nous la connaissons serait impossible, car les poumons seraient brûlés, consumés en peu de temps, la végétation anéantie, et le sol devenu absolument aride après avoir subi d'actives fermentations ; mais la nature prévoyante n'a versé l'oxygène dans l'atmosphère qu'en présence d'un autre gaz doué de propriétés vitales tout à fait opposées, afin de tempérer son action trop énergique.

Ce gaz, que Lavoisier a nommé *azote* et qui, comme nous l'avons vu, représente les $\frac{4}{5}$ du volume de l'air, possède une grande indifférence chimique. Autant l'oxygène se combine facilement aux divers éléments, autant l'azote reste stable. Il n'a d'action sur aucun corps à froid et

encore ses réactions, en employant tous les procédés dont la chimie dispose, sont-elles fort peu nombreuses. On sait bien, par exemple, au moyen de l'effluve électrique, le combiner à l'oxygène pour former de l'acide nitrique ; au charbon chauffé au rouge avec lequel il produit des cyanures si on fait intervenir en même temps un alcali ou un carbonate alcalin ; M. Berthelot l'a même combiné à la benzine, à l'essence de térébenthine et à la cellulose (1) ; mais il est facile de se rendre compte combien sont peu énergiques ses affinités et peu nombreux les composés directs qu'il forme, si on les compare à ceux que fournit l'oxygène.

Pourtant, l'azote a dans la nature une importance excessive : tous les tissus animaux ou végétaux en contiennent en proportion considérable et, de plus, il est absolument indispensable à leur existence. Les animaux le doivent au règne végétal et c'est ce dernier qui le puise dans la nature même, sous forme de nitrates ou d'ammoniaque. M. Müntz ainsi que M. Schloësing, ont montré que les plantes s'assimilent directement l'ammoniaque sans avoir besoin de le transformer en nitrates.

L'air atmosphérique qui contient des poussières

(1) BERTHELOT. — *Annales de chimie et de physique*, t. X, 1877.

ammoniacales, pourvoit donc à l'alimentation des plantes, tant par l'ammoniaque aérienne que par celle qu'il fournit au sol. De plus, la terre s'enrichit encore de nitrates, non seulement par ceux qu'apportent les pluies, mais encore en transformant les matières azotées du sol en présence de l'oxygène, au moyen de micro-organismes appelés ferments nitriques.

Une question qui a vivement surexcité la sagacité des savants, est celle de l'assimilation directe de l'azote par les végétaux. Ces derniers prennent-ils dans l'atmosphère elle-même une partie de l'azote dont ils ont besoin, ou bien leur est-il tout entier fourni par le sol ?

Après bien des travaux, parmi lesquels il faut citer comme étant les plus importants, ceux de MM. Hellriegel et Wilfarth, la question est aujourd'hui résolue, au moins en ce qui concerne les légumineuses. Ils observèrent que ces plantes ne s'assimilent l'azote directement que si leurs racines présentent de petits tubercules ou nodosités contenant des êtres organisés microscopiques, qui existent d'ailleurs dans la terre végétale.

MM. Schlœsing fils et E. Laurent ⁽¹⁾, ont

(1) TH. SCHLÆSING fils et E. LAURENT. — *Comptes-rendus*. 2^{me} sem. 1890.

donné une preuve directe et irréfutable de la fixation de l'azote libre par les légumineuses pourvues de nodosités, en les faisant pousser en présence d'un volume connu de ce gaz et en constatant, à la fin de l'expérience, une diminution du volume gazeux, correspondante à la quantité d'azote fixé dans les tissus végétaux.

15. Variations. — Nous avons vu, en parlant de l'oxygène, que l'air, en ses éléments essentiels, présentait une composition constante. Il n'y a donc pas lieu de revenir sur ce sujet, d'autant plus que tout l'azote de la nature étant puisé dans l'atmosphère, y retourne. Voici le cycle des transformations continuelles de l'azote : celui qui est puisé dans l'atmosphère directement par les parties aériennes des plantes, s'incorpore dans leurs tissus, ensuite dans ceux des animaux et forme les matières azotées ; il est compensé probablement par celui que restituent à l'air les microbes *dénitrifiants*, étudiés d'abord par MM. Dehérain et Maquenne (¹), puis par MM. Gayon et Dupetit. Ces infiniment petits, ainsi que leur nom l'indique, détruisent les nitrates et les transforment en azote libre, s'ils se trouvent dans une terre privée d'oxygène.

Quant à l'azote qui existe dans les tissus vi-

(¹) DEHÉRAIN et MAQUENNE. — *Comptes rendus*, 1882

vants, il subit après la mort des métamorphoses multiples, est converti soit en ammoniacque, soit en nitrites, soit en nitrates et redevient assimilable à d'autres végétaux.

16. Dosage. — On ne dose généralement pas l'azote atmosphérique directement, mais simplement par différence. On prend un volume d'air connu, duquel on sépare successivement la vapeur d'eau, l'acide carbonique, l'oxygène et on considère le résidu gazeux comme étant de l'azote pur.

Nous verrons un peu plus loin que ce n'est pas tout à fait exact, puisqu'en même temps que l'azote, le résidu contient aussi de l'argon à la dose de 1 % environ. On pourrait à la rigueur absorber encore l'azote en employant un des absorbants qui servent à isoler l'argon : le magnésium, par exemple, mais nous nous hâtons d'ajouter que le dosage de l'azote dans l'air, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, ne présente (à part des cas tout à fait particuliers), aucun intérêt scientifique.

CHAPITRE IV

ARGON

17. Découverte de l'Argon. — Le 31 janvier 1895, lord Rayleigh et le P^r Ramsay communiquèrent à la Société Royale de Londres un Mémoire concernant la découverte d'un nouvel élément de l'atmosphère, auquel ils donnèrent le nom d'argon (1).

Après une série de déterminations, ils avaient constaté que la densité de l'azote, extrait de l'air atmosphérique, était plus élevée que la densité de ce même gaz retiré de ses combinaisons chimiques ; soit : 2,3101 au lieu de 2,2990.

S'étant assurés que l'azote examiné était exempt d'hydrogène et parfaitement pur et que l'azote chimique ne devait pas sa légèreté à une dissociation partielle des molécules Az^2 en atomes, ils ont été conduits à admettre, pour

(1) Du grec *αργόν*, *inactif*.

expliquer les différences de densité, l'existence dans l'air d'un nouveau gaz plus lourd que l'azote.

En diffusant de l'air à travers des tuyaux de pipe (Graham), ils ont montré que l'atmosphère contenait bien un gaz inconnu, sans pouvoir par ce moyen l'isoler complètement.

18. Préparation. — Dans une expérience mémorable établissant la composition de l'acide azotique, Cavendish avait entrevu l'argon. C'est en répétant cette expérience, que lord Rayleigh et le P^r Ramsay ont réussi à isoler le nouveau gaz.

Dans un tube contenant un mélange d'air et d'oxygène et maintenu verticalement sur une cuve remplie de potasse étendue, on fait jaillir l'étincelle électrique. L'azote est peu à peu transformé en acide nitrique et ce dernier absorbé par la potasse. En maintenant l'oxygène toujours en excès, on finit par avoir un résidu gazeux qui, finalement débarrassé d'oxygène, représente environ $\frac{1}{100}$ du volume d'air primitif. C'est ce résidu qui constitue l'argon.

Le même essai répété avec l'azote chimique n'a donné qu'un volume insignifiant qui peut être attribué à un peu d'argon émanant de l'air dissous dans le liquide de la cuve.

D'autres expériences ont été faites en absorbant l'oxygène de l'air débarrassé de vapeur d'eau, par du cuivre chauffé au rouge vif, et

l'azote par du magnésium également chauffé. Le résidu traité par l'oxygène et l'étincelle électrique dans le but d'enlever les dernières traces d'azote, a fourni de l'argon pur.

Afin d'étudier les propriétés du nouveau gaz, on en a produit de grandes quantités par le magnésium, mais la préparation est longue et pénible et demande plusieurs semaines de travail et de soins minutieux, avant d'obtenir un gaz absolument pur et exempt de toute trace d'azote.

On a signalé dernièrement d'autres corps que le magnésium susceptibles de servir à la préparation de l'argon.

M. Güntz a absorbé rapidement l'azote par le lithium, à une température inférieure au rouge sombre. M. Deslandres, en débarrassant le lithium de l'hydrogène qu'il contenait, a absorbé l'azote à froid d'autant plus facilement que la surface absorbante était plus grande, et par suite moins vite attaquée. M. Maquenne a enlevé l'oxygène et l'azote de l'air, en chauffant un mélange de chaux et de magnésium en poudre. Enfin, M. Clausius Limb a signalé le fluorure de baryum simple et le fluorure double de baryum et de sodium comme donnant avec le sodium à une chaleur modérée, du baryum réduit absorbant énergiquement l'azote (1).

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXX et CXXI.

19. Densité. — On a calculé la densité de l'argon obtenu par l'oxygène et l'étincelle, et elle a été trouvée de 19,7 par rapport à l'hydrogène. Le gaz préparé par le magnésium a donné 20 après traitement par l'oxygène et l'étincelle. Une série d'autres déterminations a donné une moyenne de 19,90.

20. Solubilité. — L'argon se dissout dans l'eau presque autant que l'oxygène et deux fois et demie plus que l'azote. 100 parties d'eau en dissolvent 3,94 à 12° et 4,05 à 13°,9. Les gaz provenant de l'eau pure seront donc plus riches en argon que l'air atmosphérique, et c'est ce que l'expérience a confirmé. D'ailleurs, il suffit d'extraire avec soin les gaz de l'eau et d'en faire l'analyse pour remarquer que le résidu qui reste sur la cuve à mercure après absorption de l'acide carbonique et de l'oxygène, est de beaucoup supérieur au volume qu'il devrait présenter s'il était uniquement constitué par de l'azote, étant donné la différence de solubilité entre ce gaz et l'oxygène.

21. Atomicité. — Le rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant est de 1,66 pour l'argon, rapport égal à celui de la vapeur de mercure à haute température.

D'après Clausius, K étant l'énergie de trans-

lation des molécules gazeuses et H, leur énergie cinétique, on a :

$$\frac{K}{H} = \frac{3(C-c)}{2c};$$

C et c étant respectivement les chaleurs spécifiques à pression et à volume constants.

Or, si pour l'argon comme pour la vapeur de mercure, on a :

$$\frac{C}{c} = 1 + \frac{2}{3};$$

il s'ensuit que $K = H$. Donc, l'énergie cinétique totale des molécules du gaz est égale à leur énergie de translation. Il n'y a donc pas d'énergie entre les atomes et ce fait est regardé comme une preuve de la mono-atomicité d'un gaz ou d'une vapeur. Il est donc applicable à l'argon. Mais, d'après la loi d'Avogadro, la densité d'un gaz par rapport à l'hydrogène est la moitié de son poids moléculaire. La densité de l'argon étant 20, son poids moléculaire sera 40, et, par suite, son poids atomique, puisque la molécule est identique à l'atome.

Jusqu'ici on n'a pas encore déterminé si le poids atomique de l'argon est 20 ou 40, d'autant plus que son spectre, d'une part, et ses caractères à basse température, d'autre part, permettent le doute.

22. Spectres de l'argon. — M. Crookes a obtenu deux spectres de l'argon en partie superposés : le premier de lueur bleue comprenant 119 raies, et le second, de lueur rouge, comprenant 80 raies, soit en tout 199 raies, dont 26 paraissent communes aux deux spectres. Ce fait ne s'observe pour aucun autre gaz, quoique l'azote donne également deux spectres, mais dont les raies ne montrent pas plus d'une ou deux coïncidences apparentes. Les spectres de l'argon sont très remarquables par l'éclat, le nombre et la netteté de leurs lignes.

M. Crookes est fondé à croire que l'argon est un nouveau corps peut-être accompagné d'un second, étant donnée la dualité de son spectre, et cette dernière hypothèse ne permet pas de se prononcer sur son poids atomique.

23. Liquéfaction et solidification. — M. Olszewski, a déterminé les constantes critiques de ce gaz. Il a trouvé 50,6 atmosphères pour la pression critique et -121° pour la température critique. Il a obtenu la liquéfaction à -187° et déterminé le point d'ébullition qui est -186° sous la pression atmosphérique (740,5 millimètres). La densité de l'argon à ce point est approximativement 1,5, c'est-à-dire plus forte que celle de l'oxygène qui est égale à 1,124.

A -191° , l'argon se solidifie en masse cris-

talline semblable à la glace ; il devient blanc et opaque à température plus basse. Son point de fusion est — 189°,6.

La constance des résultats obtenus constitue généralement la meilleure preuve de la pureté du corps et milite en faveur de l'hypothèse contraire à celle de M. Crookes, à savoir : que l'argon tel qu'on l'obtient n'est accompagné d'aucun autre élément.

On voit donc qu'en l'état actuel de la question, il n'est pas permis d'assigner à l'argon un poids atomique bien défini ⁽¹⁾.

24. Combinaisons chimiques de l'argon.
Les essais qu'ont tentés lord Rayleigh et le P^r Ramsay pour faire entrer l'argon en combinaison ont tous été infructueux, M. Moissan ⁽²⁾ n'a pu le combiner même au fluor.

M. Berthelot, en faisant réagir la benzine sur l'argon sous l'influence de l'effluve, a constaté une légère diminution du volume du gaz, mais les produits formés limitaient l'action par suite de réactions de dissociation ; ceux-ci cependant donnaient à l'effluve une teinte verte magnifique dont le spectre se rapprochait de celui de l'aurore boréale.

⁽¹⁾ *Revue Générale des Sciences*, t. VI, 1895.

⁽²⁾ *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXX.

En remplaçant la benzine par du sulfure de carbone, l'absorption a été beaucoup plus considérable, et n'a pas paru limitée par une réaction inverse. Elle n'était pas accompagnée d'une belle fluorescence verte. Les produits obtenus ont permis de régénérer l'argon, ce qui montre clairement qu'il y avait bien eu combinaison.

MM. Troost et Ouvrard ⁽¹⁾ ont combiné l'argon au magnésium, ou plutôt à sa vapeur en prolongeant l'action de l'effluve.

25. Hélium. — M. Ramsay, cherchant si l'argon n'existait pas combiné dans la nature, a examiné des animaux et des végétaux. Ses expériences portèrent sur des souris et des petits pois, mais il n'y trouva pas d'argon.

En traitant un minéral naturel, la clévéite, il a obtenu un gaz formé d'argon et d'azote. Ce dernier éliminé, on observait au spectroscope, outre le spectre de l'argon, un autre spectre présentant une raie jaune très brillante et différente de celle du sodium qu'on a attribuée à un nouveau gaz : l'hélium.

MM. Clève et Langlet, chauffant un mélange de clévéite et de bisulfate de potasse dans un tube à combustion, ont obtenu après avoir fait passer les gaz sur du cuivre au rouge et de la potasse concentrée, de l'hélium pur, sans argon.

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXI.

M. Ramsay, a trouvé 1,66 comme étant le rapport des chaleurs spécifiques de l'hélium, et 3,88 pour sa densité par rapport à l'hydrogène.

M. Langlet ⁽¹⁾, en débarrassant le gaz de la clévéite d'hydrogène et d'azote, a obtenu de l'hélium pur, dont la densité par rapport à l'air est 0,139 et 2,02 par rapport à l'hydrogène, chiffre bien inférieur à celui de M. Ramsay.

M. Bouchard ⁽²⁾, a reconnu dans les eaux de la source de la Raillère à Cauterets, la présence très nette de l'argon et de l'hélium et à la source du Bois, de l'hélium exempt d'argon.

MM. Troost et Ouvrard, reprenant ces expériences, ont montré que la présence de l'hélium dans les eaux de la source du Bois ne paraît pas due à l'atmosphère, mais probablement aux roches des terrains traversés par les eaux et que, tout comme l'argon, l'hélium se combine au magnésium sous l'influence de l'effluve prolongée.

26. Dosage de l'argon. — Le dosage de l'argon a été effectué par M. Th. Schlœsing fils, en opérant sur des volumes d'air correspondant à environ 1,5 d'azote et en faisant toutes les

⁽¹⁾ *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXX.

⁽²⁾ *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXI.

lectures sur le mercure, de façon à éviter les causes d'erreurs qu'entraînerait l'emploi de l'eau. L'azote est absorbé par le magnésium et les gaz circulent dans l'appareil au moyen d'une trompe à mercure.

Voici le détail de l'appareil :

L'air appelé du dehors par une trompe à mercure, passe sur du cuivre et de l'oxyde de cuivre au rouge, puis est lavé à la potasse. Le mélange obtenu d'azote et d'argon est introduit dans un petit volumètre, où il est exactement mesuré.

Par un tube capillaire, le mélange se rend sous la cloche C plongeant dans la cuve de la trompe à mercure T (*fig. 2*).

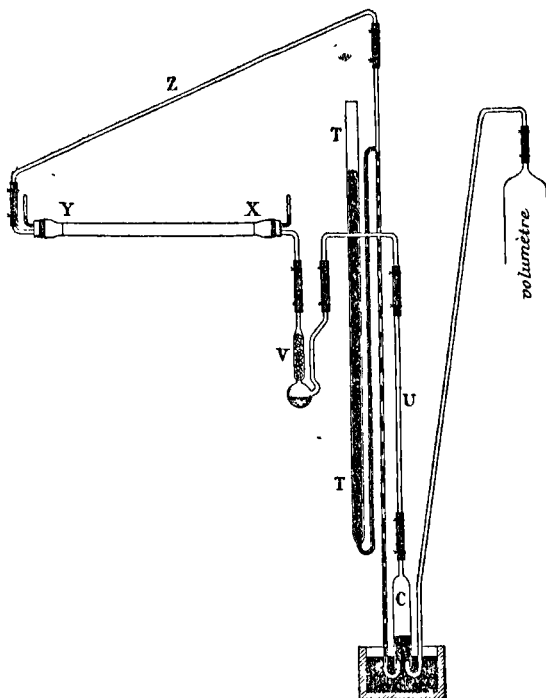
U est un tube vertical de 0^m,80 relié à V qui contient de l'acide sulfurique bouilli, et communique avec l'extrémité X du tube XY rempli de magnésium et d'oxyde de cuivre. L'extrémité Y par le tube capillaire Z est reliée à la trompe à mercure E. Le tube XY est chauffé par une rampe à gaz.

Tous les joints sont noyés dans du mercure, ce qui permet de faire un vide parfait.

On commence par faire le vide dans tout le système au moyen de la trompe, puis on coiffe son orifice inférieur avec la cloche C et on chauffe XY au rouge. Le gaz du volumètre est ensuite envoyé lentement dans l'appareil et circule à l'aide de la trompe. Dès que l'azote a

disparu, on éteint XY et on remplace la cloche C par une cloche à gaz, où l'on recueille l'argon qu'entraîne la trompe. Après refroidissement

Fig. 2



de XY, on lave deux fois l'appareil avec de l'acide carbonique pur introduit en C, en faisant chaque fois le vide. On se débarrasse de ce dernier gaz par un peu de potasse, ainsi que des

traces de gaz combustibles et d'azote par l'étincelle électrique en présence d'oxygène et de potasse. L'excès d'oxygène est absorbé par le phosphore et l'on mesure l'argon purifié.

Le tube XY doit être de préférence en acier fondu étiré à chaud, de 3 millimètres d'épaisseur.

Le procédé vérifié avec soin a donné les résultats suivants :

Air prélevé	Argon	
	Dans 100 vol. d'azote atmosphérique	Dans 100 vol. d'air conten. 79,04 d'azote
Moyenne de 5 analyses d'air normal prélevé dans Paris à une dizaine de mètres au-dessus du sol	1,184	0,9350
Air pris en Normandie au sommet d'une colline à 305 ^m d'altitude.	1,182	0,9343
Air pris à 300 ^m d'altitude, sur la tour Eiffel	1,180	0,9328
Air pris dans une galerie d'une mine de fer.	<u>1,183</u>	<u>0,9354</u>
Moyenne	1,182	0,9340

Il est utile de faire subir à ces nombres une correction additive de 0,7 pour 100, représentant les petites pertes qu'entraînent les manipulations.

Quoi qu'il en soit, les petites différences que présentent ces résultats sont de l'ordre des erreurs d'expérience. Le taux de l'argon, comme ceux de l'oxygène et de l'azote, semble donc ne pas varier dans l'air d'une manière appréciable.

ÉLÉMENTS VARIABLES

CHAPITRE V

VAPEUR D'EAU

27. Présence et variations. — Quelles que soient les conditions dans lesquelles se trouve l'atmosphère, elle contient toujours une certaine quantité de vapeur d'eau ; mais celle-ci varie continuellement avec la température, la pression, les saisons, l'altitude, les contrées, etc.

Il est facile de mettre sa présence en évidence : en refroidissant l'intérieur d'un vase quelconque, on voit au bout de quelques instants se déposer sur les parois extérieures, des gouttelettes qui proviennent d'une condensation de la vapeur d'eau.

Elle existe généralement à l'état invisible en dissolution dans l'air, mais elle prend aussi un état particulier quand elle forme les nuages et

les brouillards. On dit alors qu'elle est à l'état vésiculaire.

Les causes qui produisent la vapeur d'eau sont connues. On sait, en effet, que l'eau émet des vapeurs à toutes les températures, même au-dessous de son point de congélation ; il s'ensuit que tous les corps qui contiennent de l'eau non combinée sont susceptibles de former de la vapeur d'eau. Aussi la mer, les rivières, la terre, les plantes et les animaux, répandent-ils constamment de l'humidité dans l'atmosphère.

Kaemtz a montré que les vents ont une influence considérable sur la proportion d'humidité dans l'air. Elle est aussi petite que possible quand le vent souffle du nord-est, augmente quand il vient de l'est, du sud-est et du sud, devient maxima pour les vents du sud-ouest et décroît quand ils tournent à l'ouest et au nord-ouest.

Avec l'altitude, elle augmente jusqu'à 1000 mètres et diminue ensuite graduellement. M. Glaisher, au cours d'une ascension, a fait les mesures hygrométriques suivantes :

Au départ, l'appareil marquait	60
à 500 mètres //	70
à 1 000 // //	72
à 2 000 // //	60
à 3 000 // //	48
à 5 000 // //	36
à 6 500 // //	16

28. Rôle de la vapeur d'eau. — La vapeur d'eau joue dans l'atmosphère un rôle très important. Elle permet à l'air d'absorber, au moins partiellement, les rayons calorifiques qui émanent du soleil. De plus, elle s'oppose au refroidissement brusque de la terre, en absorbant de la même façon la chaleur rayonnante du sol et sert en quelque sorte d'écran protecteur.

Plus la quantité de vapeur d'eau est grande et moins il y a de refroidissement. Aussi, dit M. Albert-Lévy « dans les nuits claires, la chute du thermomètre qui mesure l'énergie du rayonnement est déterminée par la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air (1) ».

Après avoir absorbé la chaleur, elle peut aussi la rayonner et par suite se condenser. C'est pour cette raison, explique M. Tyndall, que les pluies sont très fréquentes sous les tropiques. D'ailleurs, dans nos contrées, les nuages qui amènent la pluie et qu'on nomme *cumulus*, ne se forment pas autrement.

Partout, où l'air est sec, l'échelle des températures est grande ; c'est pourquoi dans les déserts africains où la chaleur est excessive et l'air très sec, il n'est pas rare de voir de la glace se former pendant la nuit, par suite du rapide

(1) ALBERT-LÉVY. — *Histoire de l'air*. Félix Alcan, éditeur.

rayonnement de la terre, que ne tempère pas la vapeur d'eau.

Si l'on supprimait la vapeur d'eau, dit M. Tyndall, il y aurait à la surface du sol une déperdition de chaleur, semblable à celle qui a lieu aux grandes altitudes.

29. État hygrométrique de l'air. — Rien n'est plus simple que de déterminer la quantité d'humidité contenue dans l'air. Il suffit, comme l'a fait Boussingault, de faire passer un volume connu d'air sur une substance avide d'eau, telle que l'acide sulfurique ou l'anhydride phosphorique et de peser le tube qui la contient avant et après, ce qui donne, par différence, le poids d'eau cherché.

On appelle état hygrométrique de l'air pour une température déterminée, le rapport entre la tension réelle de la vapeur d'eau prise à la température à laquelle on opère, et la tension qu'aurait cette vapeur à la même température, si l'air en était saturé. Ce rapport plus petit que l'unité est généralement exprimé en centièmes.

Les premiers hygromètres dont on s'est servi pour évaluer ce rapport étaient basés sur l'allongement ou le raccourcissement de certaines matières organiques, sous l'influence de l'humidité ou de la sécheresse.

L'hygromètre que de Saussure construisit en 1775, se compose d'un cheveu préalablement

dégraissé et très sensible aux variations d'humidité. Ses allongements sont amplifiés de la façon suivante : le cheveu, fixé par une de ses extrémités, s'enroule à l'autre, sur une poulie à double gorge portant une aiguille qui se meut sur un cadran divisé ; la seconde gorge de la poulie reçoit un fil de soie terminé par un petit poids qui sert à tendre le cheveu.

L'instrument est gradué en le portant dans une enceinte saturée de vapeur d'eau qui donne le point 100 ; le zéro est obtenu dans un endroit parfaitement desséché ; puis l'arc compris entre ces deux points est divisé en 100 parties égales que l'on nomme degrés hygrométriques.

Cet appareil qui peut rendre bien des services a malheureusement l'inconvénient d'être très délicat : le cheveu peut s'encrasser, se rompre facilement et, sous diverses influences, ne pas toujours donner les mêmes indications.

On emploie de préférence aux hygromètres d'absorption comme celui que nous venons de décrire, le psychromètre.

Cet instrument se compose de deux thermomètres semblables, à mercure et suspendus parallèlement. Le réservoir de l'un d'eux est recouvert d'une mousseline que l'on maintient toujours humide. Par suite de l'évaporation due à la température de l'air, un certain refroidissement se produit et le thermomètre mouillé baisse.

En désignant par f , la force élastique de la vapeur contenue dans l'air; par t , sa température; par F' , la force élastique maxima à la température t' du thermomètre mouillé; par H , la hauteur vraie du baromètre et par F , la force élastique maxima de la vapeur d'eau à la température t , l'état hygrométrique est représenté par le rapport $\frac{f}{F}$ dans lequel la tension

$$f = \frac{F' - 0,480 (t - t')}{610 - t'} H.$$

Il existe des tables psychrométriques qui donnent directement l'état hygrométrique, connaissant $(t - t')$ et t' , et dans lesquelles H est supposée égale à 760.

Les psychromètres, très sensibles en été, ne peuvent guère être utilisés en hiver.

L'appareil le plus précis pour mesurer l'humidité de l'air, est l'hygromètre à condensation de Regnault. Il se compose de deux éprouvettes en verre, à la partie inférieure desquelles sont mastiqués deux dés minces en argent. Chaque éprouvette reçoit un thermomètre maintenu par un bouchon et, dans l'une, on verse de l'éther. Si on évapore celui-ci en y faisant passer un courant d'air, il se produit un abaissement de température qui devient tel, que l'air avoisinant les dés d'argent, se trouve à un moment donné saturé de vapeur d'eau, laquelle se condense en

une fine rosée. On lit le thermomètre qui plonge dans l'éther au moment précis où se produit la rosée qu'on perçoit nettement en comparant les deux dés, puis le thermomètre témoin.

Si dans les tables qui donnent la tension maxima de la vapeur d'eau à toutes les températures, on cherche les tensions correspondantes aux deux températures notées, il suffit d'en calculer le rapport pour avoir l'état hygrométrique.

Températures	Tension de la vapeur d'eau en millimètres de mercure	Températures	Tension de la vapeur d'eau en millimètres de mercure	Températures	Tension de la vapeur d'eau en millimètres de mercure
— 14°	1,52	1°	4,94	16°	13,54
— 13	1,65	2	5,30	17	14,42
— 12	1,78	3	5,69	18	15,36
— 11	1,98	4	6,10	19	16,35
— 10	2,09	5	6,53	20	17,39
— 9	2,27	6	7,00	21	18,50
— 8	2,46	7	7,49	22	19,66
— 7	2,66	8	8,02	23	20,89
— 6	2,88	9	8,57	24	22,18
— 5	3,11	10	9,17	25	23,55
— 4	3,37	11	9,79	26	24,99
— 3	3,64	12	10,46	27	26,51
— 2	3,94	13	11,16	28	28,10
— 1	4,26	14	11,91	29	29,78
0	4,60	15	12,70	30	31,55

Les tables dites hygrométriques, donnent en millimètres, la force élastique de la vapeur

d'eau correspondant à tous les degrés hygrométriques. Elles permettent donc de calculer cette tension, avec les seules indications d'un hygromètre d'absorption et, par suite, le poids p de vapeur contenue dans 1 mètre cube d'air au moyen de la formule suivante :

$$p = 1293^{\text{gr}} \times 0622 \frac{f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t};$$

$$\text{ou } p = \frac{1^{\text{gr}},058}{1 + 0,00367 t} \times f$$

dans laquelle f est la tension réelle de la vapeur (1).

On voit, rien qu'à l'aspect de cette formule, que si t est supérieur à 0° , la valeur de p sera bien voisine de f . Par suite, on peut généralement confondre le poids de la vapeur d'eau en grammes par mètre cube, avec sa tension en millimètres.

(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, 1888.

CHAPITRE VI

ACIDE CARBONIQUE

30. Origines de l'acide carbonique. — L'acide carbonique est, de tous les éléments variables de l'atmosphère, celui que l'on y rencontre en plus grande quantité. C'est le plus important d'ailleurs, tant par ses propriétés que par la facilité avec laquelle on le décele et on le dose.

Il a fait l'objet d'innombrables travaux : Van Dechen, Stanislas Meunier, Cloez, Daubrée, ont étudié ses origines ; Priestley, Bonnet, Senebier, De Saussure, Boussingault, etc., sa décomposition par les végétaux ; Théodore de Saussure, Dalton et, après eux, cent autres, ont fait de nombreuses analyses en vue de déterminer ses proportions dans l'atmosphère, soit sur mer, soit sur les continents.

A l'origine du monde terrestre, l'atmosphère contenait une quantité énorme d'acide carbo-

nique. Ce gaz, en se fixant peu à peu au noyau solide du globe, a formé les matériaux carbonatés que l'on trouve aujourd'hui en tous points. Ceux-ci, sous l'influence des eaux de la surface du sol, toujours plus ou moins acides, sont décomposés partiellement et rejettent continuellement dans l'air une certaine quantité de gaz.

Une autre cause et non la moins importante, de la formation continue de l'acide carbonique dans l'air, est celle qui provient des fermentations. En effet, tous les corps organisés après la mort se décomposent, et sous l'influence de divers ferments restituent en acide carbonique le carbone qu'ils ont absorbé pendant la vie.

Ces actions chimiques se manifestent dans le sol et à sa surface, de telle sorte que les produits gazeux qui prennent naissance, passent directement dans l'atmosphère.

Les débris végétaux et animaux répandus un peu partout à la surface de la terre éprouvent ces transformations qui ne sont qu'un des cycles de la nature impérissable, puisqu'elles édifient la source de la vie sur les restes de la mort.

Pendant la respiration, les animaux transforment une partie du carbone qu'ils s'assimilent journellement en acide carbonique, par le seul fait de la combustion aux poumons des débris organiques qu'entraîne le sang dans son évolution. Si donc, l'on songe qu'un homme adulte

exhale environ 480 litres d'acide carbonique par jour, on pourra voir que le contingent apporté dans l'atmosphère par la vie animale est considérable.

Il ne faudrait pas croire que la végétation soit une des causes de la production de l'acide carbonique : il n'en est rien. S'il se produit un échange continu entre les plantes et l'atmosphère, il n'a d'autre effet que de déterminer un balancement dans la teneur de l'air, balancement régulier et périodique qui a lieu la nuit, pendant laquelle la respiration se faisant seule, enrichit momentanément l'atmosphère de gaz carbonique.

On sait quel est le mécanisme des échanges successifs que font les plantes avec l'atmosphère.

Dans la respiration proprement dite, elles consomment de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique ; cet effet dure jour et nuit en raison de l'activité de la végétation et varie avec les phases de la vie de chaque plante. Dans la nutrition aérienne, c'est l'inverse : la plante absorbe de l'acide carbonique, le réduit, en fixe le carbone et en dégage l'oxygène. Ce dernier phénomène exige l'intervention de la lumière et se passe dans la matière verte des plantes. Il s'annule dans l'obscurité, en sorte que les effets de la respiration y apparaissent seuls ; dans le

jour, au contraire, il masque les effets de cette respiration (1). Cependant, le dégagement d'oxygène avec fixation de carbone l'emporte de beaucoup sur le phénomène inverse ; il y a gain d'oxygène pour l'air et de carbone pour la plante (2).

Les volcans déversent de grandes quantités d'acide carbonique dans l'air, ramenant à la surface le carbone des entrailles de la terre. Les éruptions qui sont surtout des phénomènes locaux enrichissent de gaz carbonique, l'atmosphère des contrées dans lesquelles elles ont lieu.

Dans les villes où la population est très dense, où fourmillent les foyers et les usines, la proportion d'acide carbonique augmente et le brassage atmosphérique ne suffit pas pour le diluer complètement dans les campagnes voisines.

Boussingault a calculé en 1844 pour Paris (avec les limites de la ville à cette époque) une production d'acide carbonique due à la respiration et à la combustion, de 2 944 000 mètres cubes, volume qui, sans diffusion, aurait couvert le sol d'une couche de 0^m,085 d'épaisseur.

31. Variations. — Divers expérimentateurs

(1) ALBERT-LÉVY. — *Histoire de l'air.*

(2) Nous ne pouvons entrer ici dans les détails relatifs à la vie aérienne des végétaux, mais on les trouvera exposés dans les ouvrages spéciaux de chimie agricole.

ont émis l'idée que la proportion d'acide carbonique dans l'air était sensiblement constante (causes locales à part). Les recherches très nombreuses effectuées à diverses stations ont montré, au contraire, qu'il existait des variations très sensibles. A Montsouris, par exemple, M. Albert-Lévy a démontré que la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique, varie d'une année à l'autre, d'un mois à l'autre mois et même d'un jour au suivant. Ces résultats sont confirmés d'ailleurs par Dumas qui s'exprime en ces termes : « Que l'acide carbonique soit en moindre quantité dans l'air pris au milieu des trèfles ou de la luzerne, en plein jour et en été, c'est-à-dire en plein foyer de réduction, cela n'a rien qui puisse surprendre ; si quelque chose étonne en pareil cas, c'est que l'acide carbonique ne descende pas au-dessous de 2,8 (pour 10 mètres cubes).

« De même que dans Paris, au milieu de tant de sources d'acide carbonique : combustion dans les foyers, respiration de l'homme et des animaux, destruction spontanée des matières organiques, on voit l'acide carbonique ne pas dépasser 3,5, il y a lieu d'en être surpris.

» Car, si la *grande moyenne* qui représente l'acide carbonique atmosphérique normal diffère peu de 2,9 à 3,0, il n'est pas douteux que, pour des circonstances locales, pour des espaces li-

mités et pour des conditions météorologiques exceptionnelles, *il puisse y avoir de notables variations dans cette proportion...*

» La *grande moyenne* de la proportion de l'acide carbonique dans l'air paraît donc bien près d'être fixée ; mais, ce point de départ établi, il reste à étudier les variations dont elle pourrait être susceptible, non par des causes locales, ce qui est de peu d'importance, mais par des causes générales se rattachant aux grands mouvements de l'atmosphère. C'est sur cette étude, qui exige le concours d'un certain nombre d'observateurs placés sur des points divers et éloignés du globe, opérant simultanément par des procédés comparables, que je me permets d'appeler l'attention de l'Académie... »

La nuit, la proportion d'acide carbonique est plus grande que le jour, surtout à proximité des plantes et cela pour les raisons que nous avons énumérées déjà. Il n'en est pas de même dans les grandes villes comme Paris, par exemple, où on constate le jour une recrudescence d'acide en raison de la circulation, de la ventilation des habitations et des nombreux foyers qu'on allume.

Il semble que par les temps secs, chauds ou froids, la proportion du gaz qui nous occupe augmente et qu'au contraire, quand le sol est humide, elle diminue un peu. Il y a sans doute, pendant les périodes pluvieuses, une dissolution

particelle du gaz dans l'eau, lequel retourne dans l'atmosphère sous l'influence d'une élévation de température ou d'une congélation de l'eau par les grands froids.

M. Schlœsing a fait voir que lorsque la tension de l'acide carbonique augmente, les carbonates neutres du sol passent en partie à l'état de bicarbonates solubles⁽¹⁾. Si elle diminue, au contraire, les bicarbonates perdent leur acide carbonique. Ceci explique comment la mer qui renferme jusqu'à 98^{mg},3 de ce gaz par litre engagé pour la majeure partie dans des bicarbonates, peut servir de régulateur à l'acide carbonique aérien et en empêcher les grandes variations à la surface du globe.

A mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, la quantité d'acide diminue. M. Truchot a obtenu en Auvergne les résultats suivants :

Lieux des prélèvements d'air	Altitude	Volume d'acide carbonique pour 10000 d'air à 0° et 760 ^{mm}
Clermont-Ferrand	395 ^m	3,13
Sommet du Puy-de-Dôme . .	1446	2,03
Sommet du Pic de Sancy . .	1884	1,72

(1) SCHLÆSING. — *Comptes-rendus*, t. LXXIV et LXXV.

Ceci n'a rien que de très naturel, si l'on songe que c'est de la terre que provient l'acide carbonique de l'atmosphère et que, de cette dernière, en vertu de sa densité, il occupe de préférence les couches inférieures.

32. Airs confinés. — L'air que ne brassent pas continuellement les vents et les grands courants atmosphériques ; en un mot, celui qui séjourne pendant un certain temps dans un même lieu, et qui est soumis à des causes d'altérations diverses, contient généralement une proportion d'acide carbonique considérable, soit que ce lieu serve de repaire aux animaux ; comme les grottes et les cavernes, soit que les fermentations seules y accumulent le gaz, ou qu'enfin du sol lui-même se dégage une atmosphère irrespirable : c'est le cas de la Grotte du Chien près Pouzzoles en Italie. On y trouve, en effet, une couche de gaz carbonique de faible hauteur qui occupe la partie inférieure de la grotte, de sorte qu'un chien y périt asphyxié, tandis qu'un homme peut s'y tenir debout et respirer sans danger.

L'air des habitations s'altère par la respiration et contient parfois des quantités assez fortes d'acide carbonique qui se produisent aux dépens de l'oxygène de l'air. C'est surtout à la diminution d'oxygène, plus encore qu'à la grande quantité d'acide carbonique qu'elle contient, qu'une atmosphère confinée devient irrespirable.

Félix Le Blanc, qui a fait d'importantes recherches sur cette question, annonce comme un fait d'expérience que « la proportion d'acide carbonique qui se trouve dans les lieux habités et fermés, croît avec le degré probable d'insalubrité et peut en fournir à peu près la mesure... » Il estime que « lorsque, par les effets de la respiration, la proportion de gaz carbonique atteint 1 $\%$, le séjour des hommes dans une atmosphère pareille ne saurait se prolonger sans exciter bientôt une sensation de malaise prononcé... » Il est nécessaire, d'après lui, de fournir à l'homme, si l'on veut maintenir sa respiration dans les conditions accoutumées, 6 à 10 mètres cubes d'air par heure (1).

Dans les hôpitaux où il se produit en même temps des odeurs souvent repoussantes, on a augmenté considérablement ce volume et aujourd'hui, à Paris, dans les hôpitaux de Necker et de Lariboisière entre autres, on donne jusqu'à 60 mètres cubes d'air par individu et par heure.

MM. Andral et Gavarret ont déterminé, à l'aide d'un dispositif particulier, les variations de l'acide carbonique exhalé aux différents âges de la vie. « L'appareil consiste en un masque de cuir dont le bord, recouvert de caoutchouc, peut

(1) Félix Le BLANC. — *Comptes rendus*, t. XIV, 1842.

s'appliquer exactement sur la face. Deux tubes placés de chaque côté des lèvres font pénétrer l'air extérieur ; des sphères de moelle de sureau servent de soupapes pour empêcher que l'air expiré ne passe par ces tubes ; en face de la bouche, une ouverture munie d'un tube de caoutchouc communique avec trois grands ballons dans lesquels on a fait le vide, et dont le volume, de 140 litres environ, sera rempli par l'air expiré ».

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Age	Poids de carbone brûlé par heure
12 ans	8gr,3
28 //	12, 4
50 //	10, 7
59 //	10, 0
68 //	9, 6

La combustion respiratoire augmente donc rapidement jusqu'à trente ans chez l'homme.

Chez la femme, l'activité de la combustion aux poumons est un peu plus faible.

Age	Poids de carbone brûlé par heure
10 à 15 ans	6gr,4
15 à 30 //	6, 4
45 //	6, 2
49 //	8, 4

Pour juger de la toxicité de l'acide carbonique seul, Félix Le Blanc a mis un chien de forte taille dans une atmosphère artificielle contenant 30 % d'acide carbonique en volume et 70 % d'oxygène et d'azote dans les proportions de l'air atmosphérique, ce qui donne un mélange à 16 % d'oxygène en volume, c'est-à-dire à peu près la proportion contenue dans l'air expiré par l'homme. Il a constaté que l'animal pouvait s'y maintenir sans asphyxie immédiate. Il s'ensuit que la diminution du volume d'oxygène exerce une action nuisible plus prononcée que l'acide carbonique lui-même et que les doses asphyxiantes de ce gaz sont beaucoup plus fortes qu'on ne se l'imagine.

Si la combustion du charbon produit des accidents graves, ce n'est généralement pas à l'acide carbonique qu'ils sont dus, mais bien à l'oxyde de carbone dont le pouvoir toxique est considérable.

33. Dosage. — Quand on expose à l'air une solution de chaux ou de baryte, elle ne tarde pas à se recouvrir d'une pellicule blanche, solide, formée de carbonate de chaux ou de baryte. Cette propriété qu'a l'acide carbonique d'être absorbé par les solutions des bases alcalino-terreuses a été mise à profit pour le doser.

Les nombreuses méthodes basées sur ce fait

et dont nous décrivons quelques-unes, sont longues et délicates. On les a remplacées plus tard par des procédés volumétriques ou par liqueurs titrées, plus rapides et très exacts.

1° *Dosages par pesée.* — Th. de Saussure, vers 1828, employait un vase en verre de 3/4 litres de capacité qu'il remplissait d'air. Il y introduisait une quantité d'eau de baryte plus que suffisante pour absorber tout l'acide carbonique et mouillait avec, les parois du récipient. Il recueillait ensuite avec beaucoup de soin le carbonate de baryte formé et le pesait.

Cette méthode, primitive en apparence, a cependant fourni des résultats un peu forts peut-être, mais très comparables entre eux.

Depuis, bien des procédés reposant sur le même principe ont été employés. Un des plus intéressants est dû à Boussingault qui se servait d'un aspirateur d'après le principe de Brunner.

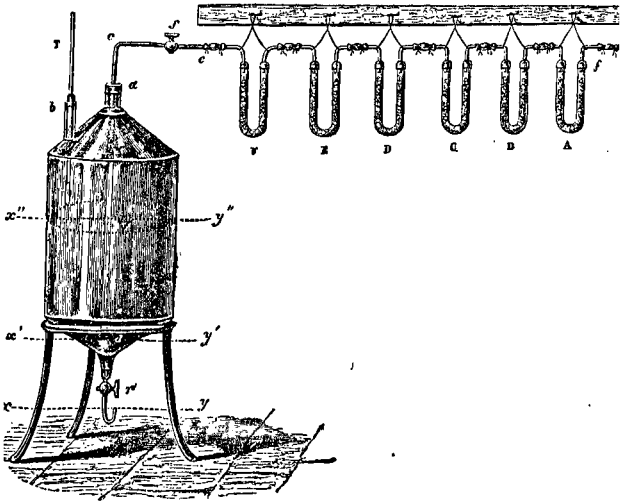
C'est un petit réservoir V en zinc, d'une capacité de 50 à 100 litres. En *a* est mastiqué un tube en laiton à robinet *c* qui descend jusqu'en *d*. L'ouverture *b* par laquelle on verse l'eau est fermée hermétiquement par un bouchon dans lequel passe un thermomètre (*fig. 3*).

Le robinet inférieur *r* porte un tube d'écoulement recourbé vers le haut pour éviter la rentrée de l'air dans l'aspirateur. Celui-ci est jaugé une fois pour toutes.

Le tube *c* est relié par du tube de caoutchouc aux tubes F, E, D, etc.

A, B, E et F sont remplis de ponce imbibée d'acide sulfurique concentré ; C et D contiennent de la chaux humide ; A et B ont pour but de retenir la vapeur d'eau. C et D sont tarés ensemble

Fig. 3



ainsi que E et F qui absorbent l'eau entraînée par l'air sortant des tubes à chaux. *f* communique au moyen d'un long tube avec l'endroit où on fait la prise d'air.

Si on vide lentement l'aspirateur, l'air desséché dans les deux premiers tubes se débarrasse

d'acide carbonique dans les deux suivants et arrive, après avoir passé sur E et F, dans l'aspirateur qui le sature de vapeur d'eau.

On note alors la pression et la température. En pesant à nouveau les tubes à chaux et les deux derniers à ponce sulfurique, on déduit facilement le poids d'acide carbonique. Il suffit ensuite de réduire à 0° et 760 millimètres le volume de l'aspirateur et d'y rapporter la quantité d'acide carbonique trouvée.

Il est nécessaire de prendre de la chaux et non de la potasse dans les méthodes de dosage par pesée, car la potasse absorbe non seulement l'acide carbonique, mais encore une certaine quantité d'oxygène, ce qui donne des nombres trop forts.

M. Isidore Pierre a modifié la disposition de l'appareil de Boussingault. Son aspirateur est beaucoup moins volumineux, n'exige pas un nouveau remplissage et permet d'opérer sur un volume d'air considérable. C'est un aspirateur double et symétrique par rapport à un axe horizontal autour duquel on peut le faire basculer, de sorte que le vase, servant primitivement d'aspirateur, reçoit l'eau écoulée du réservoir supérieur.

2° *Dosages en volume.* — Quoique la séparation de l'acide carbonique des gaz auxquels il est mélangé, se fasse toujours par absorption

dans un alcali, le dosage peut s'effectuer volumétriquement de deux manières : 1° on peut prendre un volume connu d'air, le débarrasser de son acide carbonique et mesurer ensuite le volume restant, ce qui donne le résultat cherché par différence ; 2° après absorption on peut décomposer le carbonate formé et mesurer le gaz qui se dégage.

Parmi les procédés de la première catégorie, on trouve celui de Petterson qui consiste à mesurer dans une pipette terminée par un long tube gradué, un certain volume d'air. On fait passer cet air d'abord sur de l'anhydride phosphorique pour le débarrasser de la vapeur d'eau, on le ramène ensuite dans la pipette et on lit la diminution de volume. On renvoie alors l'air sur de la chaux sodée où il se débarrasse de son acide carbonique, puis on fait dans la pipette une nouvelle lecture dont la différence avec la précédente donne l'acide carbonique contenu dans le volume d'air total.

Il existe un petit appareil dû à Leclerc et modifié par MM. Bonnier et L. Mangin, qui peut rendre de grands services, quand on a besoin d'une analyse rapide et qu'on ne dispose que d'un très petit volume d'air.

Il se compose d'un petit réservoir horizontal en fer, dans lequel se meut un piston à vis. Sur ce réservoir est fixée verticalement l'extrémité d'un

tube capillaire en cristal parfaitement calibré et disposé horizontalement sur sa plus grande longueur (40 à 50 centimètres), qui porte 600 divisions égales. L'autre extrémité, recourbée en U, occupe l'axe d'une cuvette destinée à recevoir du mercure, dont le niveau doit s'élever à un centimètre au-dessus du tube. La branche verticale qui fixe le tube au réservoir, présente à sa partie supérieure une petite ampoule de 2 centimètres cubes environ et formant la chambre à air.

Pour opérer, on remplit le réservoir de mercure, en retirant le piston en arrière, de façon qu'il ne resté aucune bulle d'air ; on fixe alors avec un collier à gorge, le tube capillaire et on remplit également la cuvette de mercure. En enfonçant le piston lentement, on chasse l'air de l'ampoule et du tube capillaire.

On dispose alors sur la cuvette l'éprouvette contenant l'air à analyser, et on l'enfonce pour dégager l'extrémité libre du tube capillaire. En retirant le piston, l'air entre dans la partie recourbée en U qui a à peu près la longueur des 600 divisions. On retire l'éprouvette et on fait voyager la colonne d'air, de façon à la placer toute entière dans la partie graduée ; on lit le nombre de divisions qu'elle occupe. On introduit alors sur la cuvette une éprouvette contenant de la potasse concentrée et on fait reculer

avec le piston la colonne d'air dans l'ampoule. En même temps, une certaine quantité de potasse entre et vient mouiller les parois du tube gradué. En faisant passer l'air plusieurs fois sur cette partie mouillée, il perd son acide carbonique. On lit le nouveau volume qu'il occupe, et on a la teneur en acide carbonique, représentée par le rapport entre la différence des deux lectures et le nombre total de divisions, lu initialement.

Cet appareil permet d'éviter les corrections, car la température et la pression ne varient pas, pendant la durée d'une expérience. Il peut servir à doser également tous les gaz capables d'être absorbés par un réactif : l'oxygène, par exemple.

Dans la deuxième catégorie des dosages en volume, on peut classer le procédé de MM. Müntz et Aubin (1). Ils se servent d'un aspirateur bien jaugé pour faire passer un volume connu d'air dans un tube rempli de pierre ponce imbibée d'une solution de potasse. Ce tube est fermé à la lampe à ses deux extrémités après le passage de l'air et peut ainsi se conserver très longtemps. Pour faire l'analyse, on décompose le carbonate formé à l'air, par l'acide sulfurique à 100° et

(1) MÜNTZ et AUBIN. — *Ann. de chimie et de physique*, 1882.

en s'aidant d'une trompe à mercure. On mesure ensuite le volume d'acide carbonique, que l'on corrige de la température et de la pression.

3° *Dosages par liqueurs titrées.* — Le procédé type de dosage de l'acide carbonique par liqueurs titrées, est celui de Pettenkofer. Il consiste à faire agir l'air sur de l'eau de baryte que l'on a préalablement titrée avec une solution connue d'acide oxalique, en se servant du papier de curcuma comme indicateur. Après fixation de l'acide carbonique sur la baryte, on décante le liquide et on prélève une certaine quantité de la partie limpide, dans laquelle on dose à nouveau la quantité de baryte en solution. La lecture est ensuite ramenée au volume total de la baryte et la différence des quantités d'acide oxalique, employées avant et après le passage de l'air, représente l'équivalent de l'acide carbonique combiné à la baryte.

On peut opérer de deux façons : soit en remplissant avec un soufflet un flacon de 6 litres bien jaugé dans lequel on introduit l'eau de baryte, soit en employant des tubes dans lesquels on place une certaine quantité de baryte qu'on fait traverser par un volume d'air aussi grand que l'on désire et qu'on mesure au moyen d'un petit compteur.

Ces tubes, d'un mètre de longueur environ, sont recourbés à angle droit à l'une de leurs

extrémités sur laquelle est soufflée une boule pour empêcher les projections du liquide par le barbotage de l'air. L'autre extrémité, élargie sur une longueur de 20 centimètres environ, fait un angle obtus avec le tube lui-même ; elle reçoit à l'intérieur une pointe effilée en verre maintenue par un bouchon de caoutchouc et par laquelle l'air pénètre bulle à bulle. Le tube tout entier est incliné légèrement sur l'horizontale, de façon que les bulles d'air s'élèvent lentement sans cependant se réunir.

On peut avec ce dispositif, et en employant de l'eau de baryte suffisamment concentrée, opérer sur un volume d'air de 100 à 300 litres. Si l'on dépasse ces volumes, il faut une liqueur plus concentrée et par suite une solution acide dans les mêmes conditions, ce qui diminue l'exactitude que l'on pourrait espérer obtenir en opérant sur un volume plus grand.

Schulze agissait sur 4 litres d'air seulement qu'il laissait vingt-quatre heures en contact avec de l'eau de baryte titrée. Il dosait la baryte restée libre avec une solution d'acide oxalique connue introduite dans le flacon même, mais suffisamment étendue pour ne pas attaquer le carbonate de baryte ; la teinture de curcuma servait d'indicateur.

Toutes ces méthodes, on le voit, présentent bien des inconvénients : d'abord, parmi celles

qui comportent l'emploi de faibles volumes gazeux, le transvasement en présence de l'air de la solution de baryte est susceptible de provoquer des erreurs très importantes par suite d'une carbonatation superflue, quelles que soient les précautions que l'on prenne. De plus, la mesure du volume gazeux est très délicate, puisqu'on ouvre les flacons pour y introduire le liquide absorbant.

Quant aux procédés qui comportent l'emploi de grands volumes d'air, ils ont le désavantage de former dans les appareils du carbonate de baryte qu'on ne détache que difficilement ou qui obstrue le tube d'arrivée d'air et d'exiger une longue manipulation.

Nous avons imaginé un mode opératoire qui permet d'obtenir rapidement un résultat très exact en évitant les divers ennuis que nous venons de signaler ⁽¹⁾.

La réaction sur laquelle nous nous appuyons est la suivante :

En ajoutant de l'acide sulfurique à une solution diluée de carbonate de potasse neutre, colorée en rouge par une goutte de phénolphthaléine, la coloration disparaît au moment où la moitié de l'acide carbonique du carbonate s'est

⁽¹⁾ HENRIET. — *Comptes-rendus*, t. CXXIII, p. 125.

fixée sur le carbonate non décomposé en le transformant en bicarbonate. Cette décoloration est d'une grande netteté, si l'on a soin, vers la fin de l'opération, de ne verser l'acide que lentement et goutte à goutte.

Si nous absorbons par de la potasse l'acide carbonique contenu dans un volume connu d'air, il suffira de titrer un égal volume de la liqueur de potasse employée, pour que la différence des lectures multipliée par deux, corresponde exactement à l'acide carbonique retenu. On voit que le résultat est indépendant du carbonate qu'une liqueur de potasse renferme toujours, puisque dans le liquide repéré et dans le liquide carbonaté, le carbonate préexistant est décomposé par le même volume acide et qu'on ne tient compte que de la différence des lectures.

Le prélèvement se fait dans un ballon de verre résistant, d'une contenance de 6 litres environ, fermé par un bouchon de caoutchouc que traversent un tube à brôme, plongeant de quelques centimètres seulement dans le col du ballon, et un tube coudé à angle droit muni d'un robinet.

Pour prélever l'échantillon d'air, on peut faire le vide dans le ballon au moyen d'une trompe. On peut encore remplir d'eau le ballon et le vider au moment de la prise, mais, dans ce cas, il conviendra, après avoir fait écouler l'eau, de laver le ballon à l'eau distillée récemment bouillie

et de le laisser égoutter aussi complètement que possible.

Quel que soit le moyen adopté, le ballon étant bouché, on attendra que l'équilibre de température soit établi entre l'intérieur et l'extérieur : à ce moment seulement, on fermera le robinet du tube coudé et l'on notera la température.

Le ballon ramené au laboratoire, on introduit dans le tube à brôme 2 centimètres cubes d'essence de pétrole (1), et 15 centimètres cubes d'une solution pure de potasse (8 grammes par litre) colorée par une goutte de phénolphtaléine, le corps surnageant protégeant la potasse contre l'acide carbonique de l'air extérieur. On introduit la potasse dans le ballon jusqu'à la couche d'essence, soit en refroidissant sous un courant d'eau, soit en échauffant l'ampoule du tube à brôme avec la main. On lave, à plusieurs reprises le tube à brôme avec de l'eau bouillie exempte d'acide carbonique, en introduisant chaque fois l'eau dans le ballon. Quand le liquide, coloré de plus en plus faiblement est de-

(1) Nous employions autrefois de l'éther, mais nous avons reconnu qu'il est préférable de lui substituer l'essence de pétrole, car si on n'opère pas avec beaucoup de soin et qu'on laisse pénétrer l'éther dans le ballon, il peut former au contact de l'air, de l'ozone et de l'acide acétique, la production de ce dernier étant favorisée par la présence de la potasse.

venu absolument incolore, on agite le liquide rouge du ballon, en lui imprimant un mouvement de balancement, ce qui permet de mouiller les parois du col. Nous laissons le contact durant deux heures, en agitant à plusieurs reprises. L'absorption est complète.

On ouvre ensuite le robinet du tube coudé ; l'air légèrement comprimé s'échappe. C'est alors qu'on verse de l'acide titré (dont 1 centimètre cube équivaut à $0^{\text{cm}^3},5$ d'acide carbonique) jusqu'à décoloration complète, sans craindre l'influence de l'acide carbonique de l'air extérieur, puisque le ballon est plein d'air décarbonaté.

Il est un point sur lequel il convient d'appeler l'attention : lorsque la lecture faite dans le ballon est moitié de celle que donne le repère, cela prouve que la potasse a été entièrement convertie en carbonate neutre par l'air analysé. Si donc on veut rester dans de bonnes conditions pour l'absorption, il faut rejeter les lectures numériquement inférieures à la moitié de la lecture repère, puisqu'une partie de l'acide carbonique s'est combinée non à de la potasse, mais à du carbonate neutre, ce qui ne permet pas d'affirmer que l'absorption s'est faite intégralement.

Lorsqu'on veut opérer sur de grands volumes d'air, la même réaction peut être employée en modifiant les appareils et en remarquant que

l'influence de l'air extérieur a beaucoup moins d'importance que sur de petits volumes.

A l'Observatoire de Montsouris, on dose l'acide carbonique la nuit et le jour au centre de Paris et à Montsouris même par cette méthode, qui permet alors d'obtenir une grande exactitude, car on agit généralement sur 2 ou 300 litres d'air. Après avoir été recueilli à l'endroit désigné, l'air est amené dans des tubes où il est absorbé par une solution alcaline. Cet entraînement a lieu au moyen d'une trompe qui l'aspire dans les barboteurs et qui l'envoie ensuite dans des compteurs où il est mesuré puis chassé au dehors. Le liquide alcalin est recueilli et titré par la phénolphtaléine. Tel est le principe du procédé que nous allons décrire en détail.

La prise d'air doit être établie à 5 ou 6 mètres de hauteur, pour éviter les divergences qu'une agitation continuelle entretient au niveau du sol. Elle se compose de trois tubes de plomb enveloppés d'un manchon en verre muni d'un tampon de coton à son extrémité pour empêcher les poussières de boucher les tubes ou de souiller les liquides dans lesquels l'air doit passer (*fig. 4*). Les trois tubes de plomb servent à puiser l'air : le premier pendant la nuit, le deuxième pendant le jour et le troisième jour et nuit, afin de vérifier, par une contre-analyse, la moyenne des deux autres. Tout le système doit être placé à plu-

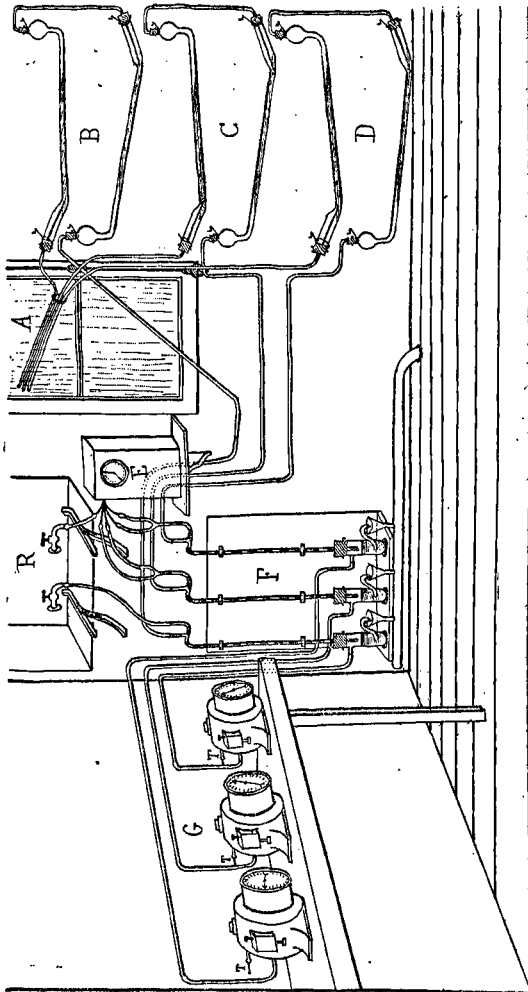


Fig. 4. — Appareil pour le dosage de l'acide carbonique à l'Observatoire de Montsouris; A, prise d'air; B, C, D, tubes de Pettenkoffer; E, horloge automatique; F, trompes d'aspiration; G, compteurs; T, thermomètres; R, réservoir d'eau.

sieurs mètres en dehors du laboratoire pour éviter toute influence locale.

Les tubes absorbeurs de Pettenkofer, sont au nombre de six réunis deux à deux et formant trois séries, le second tube de chaque série servant de témoin dans chaque analyse. Tous les barboteurs reçoivent, au début d'une opération, 5 centimètres cubes d'une solution de potasse pure à 20 grammes par litre.

Les trompes d'aspiration à eau qui amènent l'air dans les appareils, sont de simples tubes de verre de 4 à 5 millimètres de diamètre et d'une longueur de 1 mètre environ. Ils sont courbés à angle droit à la partie supérieure et le tube horizontal par lequel arrive l'eau est légèrement plus bas que le niveau de la courbure. Perpendiculairement à cette arrivée d'eau est soudé un petit tube destiné à amener l'air et qui, par ce fait, est relié à la sortie des tubes de Pettenkofer.

L'eau arrive très lentement dans les trompes, d'un réservoir plus élevé et à niveau constant, emplit la partie courbée qui fait siphon, de sorte que la colonne d'eau est divisée continuellement par des bulles d'air qui s'interposent et forment un chapelet très régulier. Le bas de la trompe est fixé dans un petit réservoir cylindrique muni, à sa partie inférieure, d'un tube recourbé destiné à maintenir l'eau à niveau

constant et, à sa partie supérieure, d'un tube adjacent qui laisse échapper l'air dans les compteurs.

Au moyen d'un robinet situé soit sur l'arrivée de l'air, soit sur celle de l'eau, on peut faire varier à volonté la vitesse d'aspiration.

Pour obtenir le jeu de l'eau dans les trompes, alternativement le matin et le soir, M. Lepaute a construit spécialement pour l'Observatoire de Montsouris, une horloge qui opère le changement de marche automatiquement et de la manière suivante :

Supposons, d'une part, un petit cylindre fermé à une extrémité par une rondelle de cuivre percée d'un trou et, d'autre part, un cercle fixe portant quatre trous et dont le centre est placé dans l'axe du cylindre et contre celui-ci. Si l'on fait mouvoir le cylindre, dès qu'il aura fait un quart de tour, le trou qu'il porte se trouvera en face d'un autre orifice ; quand il aura exécuté une révolution complète, il sera passé successivement devant chacun des quatre trous du cercle.

Or, le cylindre reçoit l'eau d'alimentation des trompes et par chacun des tubes correspondant aux orifices du disque, la distribue suivant la position qu'il occupe.

L'horloge à laquelle est adapté le système, met elle-même le cylindre en mouvement

et lui fait exécuter un quart de tour aux heures voulues. (On peut faire ce réglage à volonté au moyen de quatre petites tiges qu'il suffit de placer devant les divisions d'un cadran).

L'eau passe donc successivement dans quatre tubes et, par suite, peut alimenter autant de trompes.

On relie ces tubes deux à deux, puisque deux trompes suffisent, indépendamment de celle qui fonctionne isolément nuit et jour.

Les compteurs employés sont des appareils de précision que l'on dispose horizontalement au moyen d'un niveau à bulle d'air et sur lesquels on peut lire jusqu'au centilitre. Il ne faut pas s'en tenir aux indications qu'ils donnent car elles ne sont généralement pas exactes. Un tarage fréquemment renouvelé est nécessaire pour chaque compteur.

Il consiste à y faire passer un volume connu d'air à une température déterminée, à voir quel est le nombre que marque le compteur, puis à comparer les deux volumes.

A cet effet, on emploie un aspirateur d'une contenance parfaitement établie (60 litres environ). Une double enveloppe permet d'y maintenir une température constante pendant l'opération au moyen d'un courant d'eau que l'on fait circuler une heure au moins, après

laquelle on note la température de l'air intérieur.

On emplit d'eau l'appareil et l'air est chassé dans le compteur. Quand le réservoir est plein, on note le chiffre des aiguilles. Si l'on ramène à 0° et à 760 millimètres les deux volumes obtenus et que l'on divise celui qui se rapporte au compteur par celui du réservoir, on aura un nombre par lequel il faudra toujours multiplier les indications du compteur pour avoir un volume exact, nombre qu'on appelle coefficient de correction.

Le tarage doit être répété plusieurs fois de suite et l'on prendra la moyenne des résultats, quoiqu'ils ne doivent pas varier sensiblement.

La question la plus délicate qui se rattache aux compteurs, est celle de la température de l'air qui les traverse. Il est en effet très difficile de la connaître exactement, l'air n'étant probablement pas à la même température en tous les points qu'il occupe dans les compteurs. On dispose alors ces appareils dans un lieu isolé dont la température varie peu et à côté on place un thermomètre enregistreur, dont les indications sont vérifiées de temps à autre par un thermomètre à mercure situé dans chaque compteur.

Outre les corrections de température, il est nécessaire de tenir compte de celles relatives à la pression.

A cet effet, un baromètre enregistreur est placé dans la salle et est vérifié à son tour par un baromètre à mercure.

Les pressions et les températures sont relevées avec soin de deux en deux heures et servent à fournir une moyenne, pendant la durée d'une analyse.

Pour effectuer la partie chimique de l'analyse, on vide les tubes à potasse dans un flacon de 250 centimètres cubes et on les lave à l'eau distillée préalablement bouillie pour éviter toute introduction d'acide carbonique. On complète ensuite le volume du ballon avec cette même eau et on en prélève 50 centimètres cubes, que l'on titre avec de l'acide sulfurique et une goutte de phtaléine du phénol. La lecture repère est faite de la même manière sur une solution de potasse, qui n'a pas subi l'action de l'air. Le produit de la différence des lectures par 5 et par la valeur d'un centimètre cube de la solution sulfurique $\frac{N}{10}$, calculée en centimètres cubes d'acide carbonique, représente le volume de cet acide contenu dans l'air mesuré.

La réduction de celui-ci à 0° et 760 millimètres se fait en le multipliant par le coefficient que donne la formule suivante :

$$C = \frac{H - F}{(1 + 0,00367 t) \times 760} ;$$

dans laquelle H est la moyenne des pressions barométriques observées et F la tension maxima de la vapeur d'eau (l'air mesuré dans les compteurs étant complètement saturé) à la température t qui est la moyenne de celles de l'expérience.

En divisant le volume d'acide carbonique, trouvé par celui de l'air après correction, on obtient la quantité d'acide carbonique par litre, mais généralement on rapporte les résultats à 100 mètres cubes.

Si nous avons décrit dans tous ses détails ce mode opératoire, c'est parce qu'il peut être utilisé chaque fois qu'on veut faire une série d'analyses de gaz en un même point, d'une façon systématique.

34. Résultats. — De Saussure, qui fit de nombreux essais à Chambeisy près de Genève, obtint comme quantité moyenne d'acide carbonique en volume : 4,9 pour 10 000 volumes d'air, avec un maximum de 6,2, et un minimum de 3,7. Il a constaté qu'à l'air libre, à la même place, la quantité d'acide carbonique varie continuellement, suivant la température, les vents, la pluie et la pression atmosphérique.

Il a montré également que l'air, par un temps calme, contient plus d'acide carbonique la nuit que le jour.

Voici les résultats qu'il a obtenus en 1827 et 1828 :

Dates	Acide carbonique à l'air libre dans 10 000 vol. d'air	
	à midi	à 11 h. soir
1827 Mai 22	5,81	6,23
Juillet 7	5,80	6,20
Sept. 3	5,61	6,01
Nov. 6	4,30	4,86
1828 Mai 3	4,75	5,65
Juin 13	5,06	5,83
Juin 26 (vent très violent)	5,39	5,22
Août 1	4,32	6,06
Août 12	4,29	5,82

Enfin, il a constaté qu'à la ville, l'air est plus chargé d'acide qu'à la campagne et que, sur la montagne, les chiffres obtenus sont généralement plus élevés qu'en plaine. Il attribue ce fait à la pluie qui tombe au-dessous, ainsi qu'à l'humidité du sol. Sur la montagne, il ne se produisait pas de changement durant la nuit.

Ces résultats semblent en contradiction avec ce que nous avons dit plus haut, à savoir : que l'acide carbonique diminue quand on s'élève, mais on remarquera que de Saussure se trouvait dans des conditions particulières, puisque les couches atmosphériques de la montagne n'étaient pas, au point de vue météorologique, comparables à celles de la plaine.

Lieux des prélèvements d'air	Jour	Nuit
Chambeisy	4,45	4,02
Genève	4,85	4,14

Lieux des prélèvements d'air			Montagne	Plains (1)
La Dôle	1267 ^m d'altitude		4,61	4,74
Grand Salève	877	//	5,57	4,82
Petit Salève	331	//	5,44	4,82
La Dôle	1267	//	4,91	4,46
Col de la Faucille	963	//	4,43	4,14
//	//	//	4,54	4,15
//	//	//	3,69	3,87
//	//	//	3,60	3,22
//	//	//	4,22	3,55
//	//	//	3,95	3,15

De Luna, en 1860, a obtenu à Madrid et aux environs les chiffres suivants :

Mars Campagne	Avril Intérieur de la ville	Mars Campagne	Avril Intérieur de la ville
5,0	6,0	6,0	5,0
3,0	6,0	5,0	8,0
3,0	3,0	9,0	6,0
5,0	5,0	2,0	4,0
6,0	6,0	3,0	3,0
3,0	6,0	4,0	4,0

(1) DE SAUSSURE. — *Annales de chimie et de physique*, 1830.

HENRIET. — Les Gaz de l'atmosphère.

7

ACIDE CARBONIQUE DE L'Océan Atlantique rapporté à 10 000 volumes d'air

Dates	État du ciel	Acide carbonique	Observations
1 ^{er} Décembre	Nuageux	4,9	25 novembre. Quitte Le Havre, temps pluvieux.
4 "	Clair	3,3	à 5/4 lieues de Madère.
8 "	Un peu nuageux	5,5	à 30 lieues au sud des tropiques.
17 "	Clair	5,8	Entre l'Afrique et l'Amérique, mi-distance.
18 "	Clair	3,3	
18 "	Un peu nuageux	5,4	
19 "	Clair	3,4	Mer phosphorescente.
26 "	Clair	5,3	
28 "	Clair	5,1	
30 "	Clair	5,1	
31 "	Clair	3,8	Entrée au port de Santa-Maria.

Le tableau de la p. 98 donne les résultats obtenus sur l'océan Atlantique, par Lewy en 1847 (1).

Le même auteur a effectué une série d'analyses à la Nouvelle-Grenade en 1848 et en 1850 à Bogota à 2 645 mètres au-dessus du niveau de la mer. Nous les reproduisons ci-dessous.

BOGOTA

Dates	État du ciel	Acide carbonique	Observations
7 Mars	Clair	3,9	
12 Avril	//	3,7	
8 Mai	Couvert	3,6	
9 //	//	3,8	
15 Juin	//	4,2	
24 Juillet	Clair	4,2	
19 Août	Nuageux	5,0	
23 //	Clair	4,8	
1 Septembre	Nuageux	6,2	Partie supérieure de Montserrat couverte de nuages.
2 //	Clair	7,6	Beaucoup de malades.
2 //	Nuageux	16,3	Acide carbonique dû à un vent appelé Las Quemadas.
2 //	//	17,0	Après la pluie il disparaît.
3 //	Clair	15,9	
3 //	Nuageux	49,0	
3 //	//	49,0	
4 //	//	13,3	
4 //	Couvert	8,6	
8 //	Nuageux	22,8	
9 //	//	7,5	
10 //	Clair	4,6	
12 //	Nuageux	4,7	

(1) LEWY. — *Annales de chimie et de physique*, 1852.

NOUVELLE-GRENADE

Santa-Maria	} Janvier	4,6
Mompox.		3,1
Rio Magdalena	} Février	3,3
Rio Magdalena		Mars
Honda	} Avril.	3,2
Ambaluna		11,2
Bogota	} Juillet	5,0
Montserrat.		5,2
Esperanza	} Août	24,5
Guaduas		3,1
Santa-Anna		12,3

A Munich, Pettenkofer a trouvé une moyenne de 5,0.

Dans la banlieue de Manchester en 1864, Angus Smith a donné des nombres variant de 2,91 à 4,67.

Voici le résumé des analyses exécutées par lui à Manchester (1) :

Rues de Manschester, temps ordinaire	4,03
" " brouillards.	6,79
Moyenne de toutes les analyses	4,42
" sauf les brouillards	4,24
Où commencent les champs.	3,69
Dans les habitations closes	16,04
Minimum des faubourgs	2,91

Tous les résultats qui précèdent sont généra-

(1) R. ANGUS SMITH. — *Air and Rain*. Londres, 1872.

lement un peu trop forts. Ceux qui suivent, obtenus au moyen de méthodes exactes, présentent toute la précision désirable.

A l'époque du passage de Vénus sur le soleil, diverses missions scientifiques se portèrent en plusieurs points du monde. Des analyses furent exécutées en assez grand nombre à cette occasion.

Voici quelques-uns des résultats :

Acide carbonique pour 100 mètres cubes d'air.

Floride	29 ^{lit} , 2
Mexique	27, 3
Martinique	28, 0
Haïti	27, 8
Chili	27, 1
Chubut	29, 5
Santa-Cruz	26, 6

Schulze, opérant sur les bords de la mer Baltique, a effectué, en 1873, une série de déterminations journalières pendant plusieurs années, qui l'ont conduit à une moyenne générale de 2,92 avec un maximum de 3,44 et un minimum de 2,25 pour 10 000 volumes d'air.

D'un important travail publié en 1889 (1), nous extrayons les nombres qui suivent, relatifs à l'acide carbonique de l'air de Florence (Italie) :

(1) DOTT. GIORGIO ROSTER. — *L'Acido Carbonico dell' Aria e del Suolo di Firenze*. Firenze, 1889.

Moyenne générale	3,10
Minimum absolu	2,47
Maximum absolu	4,19
Moyenne des minima	2,79
Moyenne des maxima	3,36
Temps découverts	3,09
Temps couverts	3,09
Basse pression	2,99
Haute pression	3,15
Avant la pluie	3,16
Pendant la pluie	3,00
Après la pluie	3,20
Hiver	2,96
Printemps	3,01
Été	3,43
Automne	3,39

M. E. Risler ⁽¹⁾, à Calèves (Suisse), a déduit comme moyenne générale des analyses faites pendant une année complète, le nombre 3,035.

MM. Müntz et Aubin sont arrivés à une moyenne de 28,6 au Pic du Midi, pour 100 mètres cubes d'air et M. Reiset a trouvé 2,962 dans le département de la Seine-Inférieure au milieu des champs, et 3,057 à Paris pour 10 mètres cubes.

Enfin, à l'Observatoire de Montsouris, la moyenne de toutes les analyses est de 29¹,8 pour 100 mètres cubes d'air. On pourra suivre les variations mensuelles et annuelles, en consultant le tableau suivant :

(1) E. RISLER. — *Comptes-rendus*, 1882.

VOLUME, EXPRIMÉ EN LITRES, D'ACIDE CARBONIQUE RENFERMÉ DANS 100^m³ D'AIR
DU PARC DE MONTSOURIS

Mois	1884		1885		1886		1887		1888		1889		1890		1891		1892		1893		1894		1895		Total des 13 dernières années (1883-95)		Moyenne de 13 années	
	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit	lit
Janvier.	31,2	29,1	29,1	30,3	26,1	28,9	27,5	33,4	31,1	30,9	31,3	31,3	31,3	30,1	391,9	30,1	30,9	31,1	30,9	31,1	30,9	31,3	31,3	31,3	30,1	391,9	30,1	30,1
Février.	29,6	29,0	27,8	30,0	27,1	27,8	28,6	32,8	30,7	30,2	31,8	30,7	30,2	31,8	384,8	29,6	30,2	30,7	30,2	30,2	31,8	32,5	32,5	32,5	29,6	384,8	29,6	29,6
Mars .	31,2	28,9	28,4	30,0	27,6	28,1	28,4	30,8	31,9	32,6	31,6	31,9	32,6	31,6	387,3	29,8	32,6	31,9	32,6	31,6	31,6	31,0	31,0	31,0	29,8	387,3	29,8	29,8
Avril .	30,2	30,6	29,6	29,4	28,0	29,0	28,2	31,3	32,4	32,3	32,0	32,4	32,3	32,0	391,7	30,1	32,3	32,4	32,3	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	30,1	391,7	30,1	30,1
Mai .	30,9	30,2	27,4	28,5	27,8	28,1	28,1	30,4	31,1	31,2	32,0	31,1	31,2	32,0	382,7	29,5	31,1	31,1	31,2	32,0	32,0	30,3	30,3	30,3	29,5	382,7	29,5	29,5
Juin .	30,2	29,8	26,2	28,1	27,6	28,1	28,6	30,4	31,4	31,0	32,2	31,4	31,0	32,2	380,4	29,4	28,1	31,4	31,0	32,2	32,2	30,1	30,1	30,1	29,4	380,4	29,4	29,4
Juillet .	29,9	28,5	27,1	27,2	27,8	27,5	31,3	30,7	29,7	29,7	30,3	30,7	30,3	31,0	383,1	29,2	27,2	29,7	30,3	31,0	31,0	29,6	29,6	29,6	29,2	383,1	29,2	29,2
Août .	30,6	28,6	29,2	27,4	28,1	27,3	30,8	30,0	30,7	31,0	30,8	30,0	30,7	30,8	383,7	29,5	28,1	30,7	31,0	30,8	30,8	30,6	30,6	30,6	29,5	383,7	29,5	29,5
Septembre	30,1	29,4	29,5	27,5	28,3	26,9	32,2	30,7	31,1	30,5	31,2	31,1	30,5	31,2	388,2	29,9	32,2	31,1	30,5	31,2	31,2	31,9	31,9	31,9	29,9	388,2	29,9	29,9
Octobre .	27,8	28,7	29,1	27,7	27,3	27,8	32,8	31,5	30,7	31,0	32,0	30,7	31,0	32,0	388,3	29,9	27,3	30,7	31,0	32,0	32,0	31,0	31,0	31,0	29,9	388,3	29,9	29,9
Novembre.	27,2	30,0	29,2	27,6	27,4	30,6	31,6	31,7	30,6	31,5	31,9	30,6	31,5	31,9	389,9	30,0	27,6	30,6	31,5	31,9	31,9	30,5	30,5	30,5	30,0	389,9	30,0	30,0
Décembre.	25,9	30,8	29,7	26,5	29,7	29,1	34,4	31,0	32,5	31,8	32,2	32,5	31,8	32,2	394,2	30,4	26,5	32,5	31,8	32,2	32,2	30,7	30,7	30,7	30,4	394,2	30,4	30,4
Moyenne .	29,6	29,5	28,0	28,4	27,8	28,3	30,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,7	4646,2	29,8	27,8	31,2	31,2	31,2	31,7	30,9	30,9	30,9	29,8	4646,2	29,8	29,8

On voit que les moyennes mensuelles diffèrent peu les unes des autres, et ne varient que de 29,3 à 30,3; que les moyennes annuelles se sont élevées de 1880 à 1884, abaissées de 1884 à 1888, et ont remonté progressivement; enfin, que la saison d'été (mars à août) donne moins d'acide carbonique que la saison d'hiver (septembre à février).

Dans les égouts de Paris, on arrive à des chiffres bien supérieurs à ceux de l'atmosphère, et compris entre 45 et 50 litres d'acide carbonique pour 100 mètres cubes d'air.

Voici, d'après Ch. Sainte-Claire Deville et F. Le Blanc, deux analyses de l'air de la Grotte du Chien (1).

Acide carbonique	67,1	73,6
Oxygène	6,5	5,3
Azote	$\frac{26,4}{100,0}$	$\frac{21,1}{100,0}$
TOTAUX		

Nous ne parlerons pas des résultats qu'on obtient dans les airs confinés; ils sont éminemment variables et n'ont d'intérêt qu'autant qu'ils se rapportent à des causes déterminées.

Si l'on compare les résultats obtenus à Montsouris même et au centre de Paris, on constate que la proportion d'acide carbonique est plus forte à Paris; mais, tandis que, dans le parc, la nuit l'emporte sur le jour, le phénomène inverse se produit dans la ville.

(1) C. FLAMMARION. -- *L'atmosphère*, Hachette et Co.

ACIDE CARBONIQUE DE L'AIR DU PARC DE MONTSOURIS ET DE LA PLACE ST-GERVAIS
A PARIS RAPPORTÉ A 100^m D'AIR

Dates	Acide carbonique					
	Montsouris			Place Saint-Gervais		
	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour
Du 28 décembre 1895 au 4 janvier 1896 . . .	30,2	31,8	32,5			35,2
" 5 janvier 1896 . . .	30,9	32,4	31,5			33,9
" 12 " " 18 " " . . .	31,5	31,0	31,8			34,9
" 19 " " 25 " " . . .	32,6	32,6	33,3			34,7
" 26 " " 1 ^{er} février " " . . .	31,5	32,7	33,8			36,0
" 2 février " " 8 " " . . .	31,5	32,1	33,9			36,4
" 9 " " 15 " " . . .	29,3	31,7	35,6			45,7
" 16 " " 22 " " . . .	32,0	32,7	36,0			34,9
" 23 . " " 29 " " . . .	30,5	32,3	32,7			34,4

Ces faits étaient faciles à prévoir, puisque, à proximité de la végétation, celle-ci agit à peu près seule pour augmenter momentanément l'acide carbonique la nuit, tandis que, dans la ville, la respiration animale et les combustions jouent le principal rôle. Néanmoins, il était intéressant de les vérifier.

Presque tous les observateurs modernes sont donc d'accord sur le taux de l'acide carbonique de l'air. Quoiqu'il soit sujet à variations, il oscille cependant dans d'étroites limites, et c'est grâce à la mer et à la végétation, qui absorbent l'énorme quantité de gaz carbonique que produit sans cesse la vie animale, que l'atmosphère se maintient dans les conditions propres à assurer l'existence des êtres.

CHAPITRE VII

—

OXYDE DE CARBONE

35. Production de l'oxyde de carbone.

— L'air ne contient pas normalement d'oxyde de carbone, mais il peut s'en produire incidemment, surtout dans les lieux habités, ce qui provoque alors des accidents très graves qui peuvent entraîner la mort.

Il prend naissance, soit quand on brûle du charbon à haute température et que l'oxygène ne se trouve pas en quantité suffisante pour le transformer en acide carbonique, soit quand l'acide carbonique est en contact à température élevée, avec du charbon ou des corps capables de lui enlever son oxygène.

Ces deux phénomènes se produisent simultanément dans tous les foyers où on brûle du charbon. On remarque alors, voltigeant sur la houille, de petites flammes d'un bleu pâle, dues à la combustion d'une partie de l'oxyde de carbone.

Quand on fait passer de la vapeur d'eau sur du coke ou du charbon de bois chauffé au rouge, il s'en forme également, ainsi que de l'hydrogène et de l'acide carbonique.

Chaque fois que le tirage d'une cheminée, d'un poêle ou de tout autre appareil de chauffage, ne se fait pas régulièrement, il peut arriver que, sous l'influence du vent ou d'un courant d'air intérieur, les gaz de la cheminée se rabattent dans l'appartement, entraînant avec eux l'oxyde de carbone produit par le foyer. On conçoit donc le danger que présentent certains poêles mobiles et les nombreuses précautions que nécessite leur emploi.

36. Propriétés principales. — L'oxyde de carbone est très peu soluble dans l'eau qui en dissout $\frac{1}{40}$ de son volume à 15°. Il est incolore, inodore et très vénéneux. Un moineau périt instantanément dans l'air renfermant 4 à 5 % de ce gaz et $\frac{1}{100}$ détermine la mort au bout de deux minutes (1). Il n'entretient pas la combustion, mais il brûle avec une flamme bleue en donnant de l'acide carbonique. Quand les parois d'un poêle en fonte sont chauffées au rouge, il les traverse par diffusion et se répand dans l'air.

(1) F. LE BLANC. — *Annales de Chimie et de Physique* (3) t. V. p. 123.

Il est rapidement absorbé par les solutions acides, neutres ou ammoniacales de sels cuivreux, desquelles on peut le dégager facilement par la chaleur. Il est fortement absorbé aussi par l'acide cyanhydrique, sans former avec lui de combinaison.

Il réduit, à froid, le chlorure d'or neutre, le chlorure de palladium et le nitrate d'argent ammoniacal, cette dernière réduction étant activée par la chaleur.

L'acide iodique est sans action à froid, mais si on chauffe, l'oxyde de carbone est transformé en acide carbonique et il se forme de l'iode libre⁽¹⁾.

37. Action physiologique. — C'est à Claude Bernard que l'on doit la connaissance du mode d'action de l'oxyde de carbone sur l'organisme animal. Ce savant a montré que l'intoxication est due à la fixation de ce gaz sur les globules du sang aux dépens de l'oxygène qui s'y trouve combiné.

L'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine une combinaison cristallisée qui a été isolée et étudiée par Hoppe Seyler. Cette combinaison, appelée hémoglobine oxycarbonée, se distingue facilement au spectroscope de l'oxy-hémoglobine ou composé que forme l'hémoglobine avec

(1) DITTE. — *Bull. soc. chim.* t. XIII.

l'oxygène, car les bandes d'absorption qu'elle présente sont caractéristiques.

L'hémoglobine oxycarbonée ne perd pas d'oxyde de carbone dans le vide, mais elle l'abandonne complètement par l'action de l'acide acétique.

M. N. Gréchant qui a étudié l'action de l'oxyde de carbone sur les globules rouges du sang pendant différentes durées d'intoxication, a montré que chez un chien qui respire de l'air contenant $\frac{1}{10}$ de ce toxique, entre la dixième et la vingt-cinquième seconde, le sang artériel en contient déjà 4 % et entre une minute quinze secondes et une minute trente secondes, il en renferme 18,4 % tandis que la proportion d'oxygène n'est que de 4 % (1).

L'hémoglobine qui a subi l'action de l'oxyde de carbone perd la propriété de fixer l'oxygène ; par suite, le sang devient impropre à nourrir les organes et si l'intoxication est profonde, la mort arrive par asphyxie : arrêt de la respiration suivi de celui du cœur.

Les gaz que dissout seulement le sang s'éliminent assez facilement de l'organisme, mais les globules sanguins qui ont absorbé de l'oxyde de carbone en formant avec lui non plus une

(1) N. GRÉCHANT. — *Comptes-rendus*, t. LXX.

dissolution mais une véritable combinaison, ne s'en débarrassent que difficilement et après un temps très long.

Lorsqu'il se produit un accident dû à l'oxyde de carbone, il faut transporter le malade dans un endroit bien aéré et pratiquer la respiration artificielle en élevant et abaissant les bras sur la poitrine, faire respirer de l'oxygène si c'est possible, afin de chercher à rétablir la fonction des globules du sang, et employer le procédé recommandé par le D^r Laborde, qui consiste à exercer sur la langue des tractions rythmées dix-huit à vingt fois par minute.

38. Recherche de l'oxyde de carbone dans l'air. — M. Racine a proposé comme avertisseur d'asphyxie l'emploi d'une mèche de fulmi-coton qu'on imprègne de noir de platine et qui, grâce à la condensation du gaz dans le platine, s'enflamme dans l'air chargé d'oxyde de carbone ; la rupture de la mèche met en mouvement une sonnerie électrique.

On peut reconnaître la présence de petites quantités de gaz toxique au moyen de différents réactifs, parmi lesquels le sang est un des plus sensibles.

H. W. Vogel a indiqué la méthode suivante :

On agite avec une goutte de sang diluée dans 2 ou 3 centimètres cubes d'eau le mélange des gaz à examiner ; on y ajoute quelques gouttes

de sulfure d'ammonium et, en observant le liquide au spectroscope, on reconnaît facilement l'oxyde de carbone, par l'apparence des bandes d'absorption. Ce procédé permet de constater dans l'air la présence de 2,5 à 4 millièmes d'oxyde de carbone. Quand l'oxygène est en grand excès, la sensibilité de la méthode diminue, à cause de la formation d'oxyhémoglobine, mais avec l'oxyde de carbone dilué dans un gaz inerte, on reconnaît nettement un millième de ce corps.

M. Berthelot ⁽¹⁾ emploie le nitrate d'argent ammoniacal, obtenu en traitant par l'ammoniaque une solution de nitrate d'argent à 5 %, jusqu'à dissolution complète du précipité qui se forme, mais pas au-delà. Ce réactif est très sensible à l'action de l'oxyde de carbone qui le réduit même en présence d'une grande quantité d'air. La réaction est facilitée par la chaleur, mais elle ne peut être employée utilement que si l'atmosphère gazeuse ne renferme pas d'autres corps réducteurs que celui que l'on cherche.

On peut encore se servir du procédé de C. de la Harpe et F. Reverdin ⁽²⁾, qui consiste à faire passer l'air filtré au préalable, avec du coton

(1) BERTHELOT. — *Comptes-rendus*, t. CXII.

(2) C. DE LA HARPE et F. REVERDIN. — *Bull. soc. chim.* (3) 1, 163.

de verre, sur de l'acide iodique pur et sec, chauffé à 150° ; puis ensuite dans de l'empois d'amidon. L'oxyde de carbone se transforme en acide carbonique, aux dépens de l'oxygène de l'acide iodique et une quantité d'iode correspondante est mise en liberté et colore l'amidon en bleu.

Si l'on pouvait doser la totalité de l'iode libre, on pourrait facilement calculer la quantité d'oxyde de carbone qui a agi. Malheureusement, une certaine quantité d'iode reste avec l'acide iodique, duquel on ne peut le dégager.

Quoi qu'il en soit, le procédé est très sensible et permet de mettre en évidence quelques millièmes de gaz toxique dans l'air.

39. Dosage. — Quand on se trouve en présence d'une certaine quantité d'oxyde de carbone, on peut le doser dans une cloche graduée par absorption avec le chlorure cuivreux en solution acide, neutre ou ammoniacale, après avoir eu soin d'éliminer l'acide carbonique et l'oxygène.

On peut encore employer la méthode eudiométrique, sachant que deux volumes d'oxyde de carbone s'unissent à un volume d'oxygène pour former deux volumes d'acide carbonique ; la quantité d'oxyde de carbone est donc égale après l'explosion au double de la réduction totale du mélange gazeux.

Si l'on fait passer de l'air sur de l'oxyde de

cuivre pur, chauffé au rouge dans un long tube, l'oxyde de carbone se transforme en acide carbonique. En filtrant l'air et en le débarrassant d'acide carbonique avant de l'envoyer sur l'oxyde de cuivre, on conçoit qu'on puisse doser exactement l'acide carbonique qui se forme et en déduire la quantité d'oxyde de carbone.

Avant d'opérer, il faut être sûr de la pureté de l'oxyde de cuivre : pour cela, on le chauffe au rouge en y faisant passer un courant d'air ; les matières organiques qu'il peut contenir sont détruites et s'il s'y trouve du cuivre métallique, il est transformé en oxyde.

La méthode que nous venons d'indiquer est très exacte en théorie et peut donner d'excellents résultats si l'air ne contient aucun autre gaz combustible que l'oxyde de carbone, susceptible de fournir par oxydation comme lui, de l'acide carbonique ; mais il est impossible de se débarrasser auparavant de tous les carbures d'hydrogène et, de plus, on ne peut reconnaître leur présence qu'au moyen de l'oxyde de cuivre.

Ce procédé ne donne donc que la quantité totale de carbone émanant des divers gaz hydrocarbonés qu'un air peut contenir.

Le dosage absolu de l'oxyde de carbone a été effectué par M. N. Gréhant, au moyen d'une méthode à la fois physiologique et chimique dont nous nous bornerons à indiquer le prin-

cipe, car on la trouvera avec tous ses développements dans l'ouvrage de M. Gréhant ⁽¹⁾.

Elle est basée sur la loi d'absorption de l'oxyde de carbone par le sang, découverte par M. Gréhant. Ce savant a montré que si un animal respire pendant une demi-heure divers mélanges d'air et d'oxyde de carbone, les quantités de ce gaz fixées par le sang sont proportionnelles à la teneur de l'air en gaz toxique.

L'appareil employé est le grisoumètre de Coquillion modifié, dans lequel sont brûlés les gaz extraits de 100 centimètres cubes du sang de l'animal au moyen de la pompe à mercure. Cette combustion produit une réduction du volume gazeux que l'on note.

Connaissant la réduction que donne dans les mêmes conditions un mélange d'air et d'oxyde de carbone de composition connue, la quantité de ce gaz dans l'air respiré par l'animal peut être déduite de la lecture faite, puisque les réductions sont proportionnelles aux volumes d'oxyde de carbone.

Il est nécessaire cependant, après avoir fait la lecture, d'en retrancher la réduction fournie par les gaz extraits de 100 centimètres cubes de sang normal, car celui-ci contient toujours un peu de gaz combustible.

(1) N. GRÉHANT. — *Les gaz du sang*. Encyclopédie des Aide-Mémoire.

CHAPITRE VIII

—

AMMONIAQUE

40. Formation de l'ammoniaque atmosphérique. — L'ammoniaque existe dans l'atmosphère, non pas à l'état libre, mais combinée soit à l'acide carbonique, à l'acide nitrique ou à l'acide nitreux, et les divers composés qu'elle forme ainsi restent en suspension dans l'air à l'état de poussières extrêmement ténues.

On peut aisément constater la présence de ces poussières ammoniacales : si l'on fait passer de l'air sur un tampon de coton absolument pur, il retient, outre les poussières atmosphériques, une certaine quantité de sels ammoniacaux qui, dissous dans un peu d'eau, donnent une teinte très marquée avec le réactif de Nessler.

Toutes les matières organiques azotées, sous l'influence de la fermentation, produisent de l'ammoniaque qui s'unit dans l'atmosphère à l'acide carbonique qui s'y trouve.

On sait que l'étincelle électrique éclatant dans

l'air humide, produit du nitrate et du nitrite d'ammoniaque; aussi les orages donnent-ils lieu à la formation d'une petite quantité de ces sels.

Mais, d'après M. Schlœsing, la mer est la source principale de l'ammoniaque aérienne: elle en renferme environ 0^{me},4 par litre, dont une partie passe dans l'air en vertu de sa tension.

Dans les villes, la proportion d'ammoniaque est généralement plus grande que dans les campagnes, en raison des fermentations multiples et des émanations de toutes sortes, qu'on ne peut pas toujours éviter.

L'ammoniaque de l'air n'a aucune action nuisible à la respiration, surtout dans les faibles proportions où on la rencontre, mais sa présence en grande quantité dans un lieu quelconque, montre, jusqu'à un certain point, que ce lieu est malsain et qu'il est le siège d'une fermentation active de débris azotés.

41. Rôle de l'ammoniaque dans l'atmosphère. — D'après M. Schlœsing, l'ammoniaque atmosphérique est absorbée partiellement par la terre à laquelle elle fournit un apport de 12 à 30 kilogrammes par hectare et par an, apport qui peut dépasser 50 kilogrammes pour les sols humides (1).

(1) SCHLÆSING. — *Comptes-rendus*, 1876.

Cette fixation, indépendante de celle qui résulte de la chute des eaux météoriques n'est pas la seule, car les végétaux peuvent utiliser directement l'ammoniaque aérienne, concurremment avec celle que leur fournit le sol (1).

L'ammoniaque semble subir à la surface du globe une série de transformations formant un cycle continu, car après avoir été absorbée par les végétaux, elle passe à l'état de matière protéique qui, détruite et nitrifiée en partie dans le sol, se rend ensuite par les fleuves jusqu'à la mer où elle est restituée à l'atmosphère.

42. Dosage. — Le moyen qui paraît le plus simple *a priori* pour retenir l'ammoniaque, consiste à faire barboter l'air dans une solution acide. En distillant ensuite sur de la magnésie et recueillant dans de l'acide sulfurique titré, il suffit de compléter la saturation avec un alcali titré également, pour obtenir par différence la quantité d'ammoniaque contenue dans l'air examiné.

Malheureusement, en opérant ainsi on ne retient pas l'ammoniaque complètement et si on multiplie le nombre des barboteurs, on en trouve dans chacun d'eux une quantité qui va en décroissant peu à peu, mais qui cependant persiste toujours.

(1) SCHLÆSING. — *Comptes-rendus*, 1874.

Cela tient à la difficulté qu'éprouvent les sels ammoniacaux vaporisés à se dissoudre, difficulté qui augmente encore en raison de leur extrême dilution dans l'air. M. Schlœsing a démontré, en effet, que des bulles d'air et de nitrate d'ammoniaque fraîchement formé, traversant un long tube incliné plein d'un liquide acide, sortaient encore à l'extrémité en flocons blancs.

A cet inconvénient, il faut joindre aussi celui qui résulte de l'emploi de petits volumes d'air pour y chercher un corps qui s'y trouve en quantité excessivement faible.

Afin de remédier à ces difficultés, M. Schlœsing a cherché à augmenter dans des proportions considérables le contact de l'air et du liquide absorbant, tout en opérant sur de gros volumes. Nous ne décrirons pas ici d'une façon complète l'appareil employé ; nous nous contenterons d'en indiquer le principe et les parties essentielles, renvoyant le lecteur pour plus amples détails au mémoire original de l'auteur ⁽¹⁾.

Le procédé permet de soumettre à l'analyse un volume d'air de 30 000 litres en six heures.

Le barboteur est formé d'une cloche à douille de trois litres de capacité fermée par un disque de platine percé de trois cents petits trous. Elle repose sur trois cales en verre dans le fond

(1) SCHLŒSING, — *Comptes-rendus*, t. LXXX, 1875.

d'un cristalliseur obturé à sa partie supérieure et portant une tubulure latérale par laquelle entre l'air extérieur. Ce vase contient 300 centimètres cubes d'eau pure aiguisée d'acide sulfurique. Quand l'air pénètre violemment, l'eau est poussée dans la cloche où elle se résoud en une mousse qui atteint 0^m,20 de hauteur. Dans ces conditions, le barbotage est excessivement énergique.

L'air est aspiré dans la cloche par la partie supérieure qui est en relation avec une sorte de trompe dans laquelle un jet de vapeur, en se mélangeant à l'air, produit l'entraînement de ce dernier.

La chaudière est alimentée automatiquement et sa pression est réglée de même.

Pour mesurer l'air entraîné, M. Schlœsing s'est servi de sa méthode chimique de jaugeage des fluides (1), qui consiste dans le cas présent à recueillir une partie du mélange d'air et de vapeur et à doser ensuite chacun de ces éléments. Le calcul est alors des plus simples :

Le rapport entre la quantité d'air aspiré et la quantité de vapeur employée, soit $\frac{F}{F'}$, est égal au rapport des quantités d'air et de vapeur recueillies et jaugées, soit $\frac{f}{f'}$.

(1) SCHLÆSING. — *Comptes-rendus*, juillet 1868.

Donc, si

$$\frac{F}{F'} = \frac{f}{f'},$$

on a

$$F = F' \times \frac{f}{f'}.$$

Or, f et f' sont connus ; F' est la quantité de vapeur consommée ; on a donc ainsi le volume d'air total F qui a traversé le barboteur.

La méthode a été vérifiée en envoyant dans de l'air exempt d'ammoniaque une quantité connue de cet alcali, comparable à celle que l'on trouve dans l'atmosphère. Dans ces conditions, le barboteur a toujours retenu les $\frac{10}{11}$ de l'ammoniaque totale, d'où la nécessité de faire subir une correction aux résultats, en les multipliant par $\frac{11}{10}$.

M. Schlœsing a fait ses vérifications avec de l'ammoniaque libre ; cependant, en réalité, on ne rencontre pas ce gaz dans l'air, mais bien des sels ammoniacaux dont l'absorption ne se fait que beaucoup plus difficilement.

Nous avons fait l'étude d'un absorbeur presque semblable à celui dont il vient d'être question, au moins au point de vue théorique, mais de dimensions très réduites. Il se compose d'un tube de verre de 4 centimètres de diamètre et de 20 à 25 centimètres de hauteur, dans

lequel se trouve un petit tube de platine percé de dix trous à la partie inférieure et plongeant dans de l'eau légèrement acidulée. L'air passe dans l'appareil à raison de 120 litres à l'heure en produisant une mousse qui remplit presque complètement le barboteur, et sort à la partie supérieure par un tube coudé traversant le bouchon de caoutchouc.

Si l'on dispose plusieurs de ces appareils les uns à la suite des autres et qu'on y fasse passer 20 000 litres d'air, on constate, au moyen du réactif de Nessler, la présence très nette dans chacun d'eux d'une petite quantité d'ammoniaque. Le premier retient généralement la majeure partie de l'alcali, mais nous avons constaté que par les temps très secs, le second était aussi fortement chargé. Ce fait prouve que l'air saturé de vapeur d'eau abandonne son ammoniaque beaucoup plus facilement que l'air sec puisque ce dernier s'étant chargé d'humidité dans le premier tube, a cédé son ammoniaque au second.

Il résulte de ces essais qu'il est très difficile de retenir d'une façon complète toute l'ammoniaque atmosphérique. Nous sommes cependant arrivé à d'assez bons résultats en faisant passer l'air, avant de l'envoyer au barboteur, dans un tube chauffé au rouge pour détruire les matières organiques, puis dans une lessive de potasse

chauffée et contenant suffisamment d'alcali pour ne pas être carbonatée complètement par l'acide carbonique du dehors. Cette solution a pour but de décomposer les sels ammoniacaux afin d'en faciliter l'absorption par l'acide sulfurique.

Quel que soit le moyen employé pour recueillir l'ammoniaque en solution acide, plusieurs procédés peuvent être suivis pour la mesurer.

Le plus simple et le plus fréquemment en usage est celui que nous avons indiqué au début, consistant à distiller le liquide sur de la magnésie calcinée et à recueillir l'ammoniaque dans un acide sulfurique titré et faible, puis à saturer ensuite avec un alcali très étendu.

A Montsouris, où on dose ainsi l'ammoniaque de l'air du centre de Paris, on prend une cornue tubulée communiquant par un tube ascendant et vertical avec un réfrigérant terminé par une petite allonge qui reçoit les produits condensés. Ceux-ci tombent dans un petit ballon qui contient 3 centimètres cubes d'acide sulfurique $\frac{N}{15}$. On place dans la cornue le liquide à distiller auquel on ajoute quelques grammes de magnésie pure et calcinée. On distille environ les $\frac{2}{3}$ du liquide total. On lave alors l'allonge et on joint le liquide à celui du petit ballon. On titre ensuite avec de l'ammoniaque $\frac{N}{60}$ dont on

connaît la teneur exacte en azote. En retranchant la lecture obtenue de celle que donne la même solution ammoniacale avec 3 centimètres cubes d'acide sulfurique $\frac{N}{15}$ et qui sert de repère, la différence représente le nombre de centimètres cubes d'ammoniaque $\frac{N}{60}$ équivalant à celle de l'air analysé.

On se sert comme indicateurs de la cochenille, de l'orangé-méthyle ou de la fluorescéine.

Quand il est difficile d'opérer sur de grands volumes d'air, la distillation ne fournit qu'une quantité d'ammoniaque insignifiante. On a alors recours à la méthode colorimétrique à l'aide du réactif de Nessler.

Voici les détails de l'opération :

Le liquide du barboteur est étendu à 50 centimètres cubes avec de l'eau exempte d'ammoniaque. On prend 15 centimètres cubes de la liqueur ainsi obtenue et on y ajoute 1 centimètre cube de réactif de Nessler ; le liquide se colore en jaune. Au bout de dix minutes, la teinte est comparée à celle que donne une liqueur de titre connu, traitée exactement de la même manière au même instant. Cette comparaison se fait à l'aide d'un colorimètre Dubosq qui permet de trouver le rapport des épaisseurs sous lesquelles il faut examiner les deux liquides pour qu'ils présentent la même teinte.

Soient x , la teneur par centimètre cube en milligrammes, de la solution inconnue, observée sous une épaisseur X ;

Et a , la teneur par centimètre cube en milligrammes, de la solution connue, observée sous une épaisseur A ;

Si les lectures X et A sont voisines l'une de l'autre, c'est-à-dire si les liqueurs comparées sont à peu près de même titre, on peut écrire :

$$\frac{x}{a} = \frac{A}{X} ;$$

d'où l'on tire :

$$x = a \frac{A}{X} ,$$

le barboteur contient donc : $50 \times a \times \frac{A}{X}$ milligrammes d'azote ammoniacal.

En divisant par le volume d'air passé, on a la quantité d'ammoniaque rapportée à l'unité de volume.

On admet qu'à égalité de teinte, les épaisseurs sont inversement proportionnelles aux teneurs. Cela n'est pas rigoureusement exact si les épaisseurs diffèrent beaucoup l'une de l'autre. Pour être dans de bonnes conditions, il faut que le rapport des épaisseurs soit compris entre $\frac{3}{4}$ et $\frac{4}{3}$.

Le tableau ci-après montre l'écart qui existe

entre la teneur réelle des solutions et la teneur obtenue par le procédé qui vient d'être décrit.

Numéros d'ordre	Épaisseurs sous lesquelles la solution à 1 cm ³ = 0,000735 a été lue	$x = a \frac{A}{X}$	Teneur vraie	Épaisseurs sous lesquelles il aurait fallu lire la solution à 1 cm ³ = 0,000735
1	6	0,000098	0,000073	4,5
2	11	180	147	9,0
3	17	277	221	13,5
4	21	342	294	18,0
5	23	376	368	22,5
6	27	441	441	27,0
7	31	506	514	31,5
8	36,5	596	588	36,0
9	40	653	661	40,5

On a pris successivement 10, 20, 30 centimètres cubes d'une liqueur normale contenant 0^{mg},000735 d'azote ammoniacal par centimètre cube et on a complété à 100 centimètres cubes, ce qui a donné les solutions numéros 1, 2, 3, 4, ...9, que l'on a comparées avec la solution normale. Ces diverses solutions ont été lues sous les épaisseurs indiquées à la deuxième colonne ; la cinquième représente les hauteurs en millimètres sous lesquelles il aurait fallu lire la solution à 0^{mg},000735.

L'erreur possible est de un demi-millimètre ; elle n'influe pas sur les résultats.

Ce tableau montre que, pour les solutions 1,2,3,4,5, le nombre indiqué par la méthode employée est trop élevé ; aussi faut-il se garder de faire de telles lectures et avoir soin que les rapports des épaisseurs soient toujours compris entre $\frac{3}{4}$ et $\frac{4}{3}$.

Les différences que l'on trouve pour les échantillons 6,7,8,9, sont absolument négligeables. On voit que, par exemple pour le n° 7, en prenant $0^{\text{mg}},000506$, 100 mètres cubes d'air contiennent $50 \times \frac{0,000506}{1500} \times 100\ 000 = 1^{\text{mg}},97$; en prenant $0^{\text{mg}},000514$, 100 mètres cubes d'air contiennent $\frac{50 \times 0,000514}{1500} \times 100\ 000 = 1^{\text{mg}},98$; dans les deux cas, il convient d'adopter $2^{\text{mg}},0$ (on suppose ici avoir opéré sur 1500 litres d'air).

Le tableau suivant conclut au même résultat ; il a été obtenu en comparant les mêmes liqueurs avec une solution dont 1 centimètre cube = $0^{\text{mg}},000368$, c'est-à-dire la moitié de la solution à $0^{\text{mg}},000735$ ⁽¹⁾.

(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, 1896.

Numéros d'ordre	Épaisseurs sous lesquelles la solution a été lue à 1 cm ³ = 0,000368	Épaisseurs sous lesquelles a été lue la solution en expérience	$x = a \frac{A}{X}$	Teneur exacte	En admettant 1 500 litres d'air passé 100 m ³ entièrement	
					trouvé	calculé
1.	14	45	0 ^m ,000115	0 ^m ,000074	0,11	0,03
2.	30	45	0,000163	0,000147	0,55	0,49
3.	35	45	0,000286	0,000221	0,94	0,74
4.	39	45	0,000319	0,000294	1,16	0,98
5.	45	45	0,000368	0,000368	1,21	1,21
6.	40	34	0,000433	0,000441	1,44	1,54
7.	40	29	0,000507	0,000514	1,69	1,71
8.	40	26	0,000565	0,000588	1,88	1,93
9.	45	28	0,000614	0,000661	2,05	2,20

La méthode de Nessler est employée à Montsouris pour doser l'ammoniaque rapidement sur des volumes d'air relativement faibles (1 500 à 2 000 litres). L'absorption est faite au moyen des barboteurs que nous avons décrits plus haut, précédés d'un flacon rempli d'une lessive de potasse ; l'aspiration de l'air a lieu à l'aide d'une trompe à eau et la mesure du volume gazeux est obtenue de la même façon que dans le dosage de l'acide carbonique.

Le réactif de Nessler pour donner de bons résultats doit être préparé comme suit :

On dissout 35 grammes d'iodure de potassium pur dans 550 grammes d'eau et l'on porte à l'ébullition ; on verse lentement en agitant 250 centimètres cubes d'une solution de bichlorure de mercure à 5 $\frac{0}{0}$. Quand la solution est limpide, on ajoute goutte à goutte une solution de bichlorure de mercure saturée à froid, jusqu'à formation d'un précipité permanent. On verse ensuite 160 grammes d'hydrate de soude et l'on complète au litre, en ayant soin d'ajouter à nouveau quelques gouttes de bichlorure de mercure qui doivent troubler la liqueur. On laisse reposer à l'abri de la lumière dans un flacon bouché à l'émeri.

L'eau exempte d'ammoniaque s'obtient en distillant dans un appareil en verre de l'eau pure additionnée d'un peu d'acide sulfurique.

43. Résultats. — M. Schlœsing, au quai d'Orsay à Paris, a obtenu en 1865 de nombreux résultats.

Voici les moyennes mensuelles de l'année, pour le jour et la nuit, exprimées en milligrammes et rapportées à 100 mètres cubes d'air.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril
Jour	1,55	1,52	2,33	2,52
Nuit	2,49	2,86	3,75	4,13
Mois	Mai	Juin	Juillet	Août
Jour	2,06	1,24	2,08	2,34
Nuit	2,44	1,38	2,08	2,58
Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Jour	2,02	1,64	1,97	1,56
Nuit	1,95	1,72	2,68	2,10

La moyenne de l'année entière était 1,93 pour le jour et 2,57 pour la nuit, soit 2,25 comme moyenne générale. Les jours pluvieux ont fourni 1,73 et les jours sans pluie 1,93, ce qui semble indiquer que la pluie enlève bien peu d'ammoniaque à l'atmosphère.

Par les temps couverts, M. Schlœsing a trouvé 1,56 pour le jour et 1,98 pour la nuit et

par les temps découverts, respectivement, 1,73 et 3,21.

Des chiffres précédents il résulte d'une manière générale qu'il y a plus d'ammoniaque la nuit que le jour. Ceci ne tiendrait-il pas plutôt à la plus grande facilité que possède l'ammoniaque saturée d'humidité de se laisser absorber par les solutions acides, qu'à sa présence plus marquée la nuit que le jour ?

L'ammoniaque atmosphérique a été déterminée à l'Observatoire de Montsouris d'une façon ininterrompue depuis 1879. Nous donnons à la page suivante, en milligrammes d'azote rapportés à 100 mètres cubes d'air, les moyennes mensuelles de sept années consécutives, ainsi que la moyenne générale de treize ans.

On rencontre l'ammoniaque à toutes les altitudes, comme cela a lieu pour l'acide carbonique. MM. Müntz et Aubin ont trouvé sur le Pic du Midi, à 2880 mètres, un chiffre moyen de 1^{mg},35 pour 100 mètres cubes d'air (1).

Notre atmosphère charrie donc, d'une façon continue et en tous lieux, une infinité de petits éléments qui semblent de minime importance, mais qui n'en constituent pas moins de puissants matériaux pour la fécondité du sol et la végétation.

(1) *Comptes-rendus*. — 2^e sem. 1882.

AZOTE AMMONIACAL DANS 100^{m3} D'AIR DU PARC DE MONTSOURIS

Mois	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1895	Total de 13 années	Moyenne de 13 années
	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.
Janvier . . .	1,8	1,5	3,0	1,8	1,3	1,9	2,0	1,8	23,9	1,8
Février . . .	2,8	0,9	1,6	1,0	2,6	2,5	1,6	0,9	22,9	1,8
Mars . . .	2,1	1,8	2,7	1,4	2,2	2,9	2,4	0,9	27,4	2,1
Avril . . .	2,0	2,1	2,0	1,3	1,9	2,1	2,5	1,1	25,3	1,9
Mai . . .	2,0	2,2	3,1	1,0	2,0	2,6	3,0	2,1	27,8	2,1
Juin . . .	2,0	1,8	2,8	1,0	2,2	2,5	3,5	2,1	27,8	2,1
Juillet . . .	2,0	2,0	1,4	0,9	2,4	2,1	2,8	2,0	25,6	2,0
Août . . .	0,5	3,0	1,3	1,8	2,5	2,0	2,3	2,1	26,2	2,0
Septembre . . .	0,3	2,9	0,9	2,5	3,6	4,0	2,7	2,5	29,5	2,3
Octobre . . .	1,0	2,2	2,2	1,7	3,8	2,0	2,9	2,8	29,5	2,3
Novembre . . .	1,6	2,5	2,1	1,7	3,4	2,3	2,1	1,2	26,5	2,0
Décembre . . .	1,2	2,1	1,9	1,6	2,3	2,1	2,5	1,1	24,5	1,9
Moyenne . . .	1,1	2,1	2,1	1,4	2,5	2,4	2,5	1,7	316,9	2,0

Au centre de Paris, place Saint-Gervais, les chiffres sont un peu plus élevés comme on peut le voir par le tableau suivant qui contient les résultats hebdomadaires du premier semestre 1896.

Semaines	Janvier	Février	Mars
Première. . . .	//	2,4	1,5
Deuxième. . . .	4,7	3,2	1,8
Troisième. . . .	1,0	3,3	2,4
Quatrième. . . .	2,6	1,7	3,4
Semaines	Avril	Mai	Juin
Première. . . .	2,9	2,2	3,8
Deuxième. . . .	4,1	3,9	3,3
Troisième. . . .	3,0	4,1	3,1
Quatrième. . . .	4,3	4,3	3,3

CHAPITRE IX

—

OZONE

44. — L'ozone est un des corps les plus singuliers que l'on rencontre dans l'atmosphère. Il ne s'y trouve qu'en proportion excessivement faible, mais ses propriétés oxydantes, très énergiques, semblent lui assigner un rôle assez important pour que nous croyons utile de donner ici un résumé des connaissances que nous possédons sur ce corps.

45. Production et formation de l'ozone. — Lorsque la foudre a traversé l'espace, il se répand dans l'air une odeur vive, pénétrante, alliée, très caractéristique, absolument semblable à celle qu'émet une machine électrique en activité. Elle est due à la production d'une petite quantité d'ozone.

En 1789, Van Marum, en faisant éclater des étincelles électriques dans des tubes renfermant de l'oxygène, avait constaté cette même odeur.

L'expérience fut d'ailleurs complètement oubliée et ce n'est que vers 1840, que Schœnbein, de Bâle, en électrolysant de l'eau acidulée, remarqua que l'oxygène dégagé au pôle positif, possédait une odeur alliagée et des propriétés très oxydantes. Il lui donna le nom d'ozone⁽¹⁾.

Pour obtenir de l'ozone par ce procédé dans les meilleures conditions, il faut opérer à froid sur de l'eau très fortement chargée d'acide sulfurique, ou mieux d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide chromique.

En introduisant par portions dans de l'acide sulfurique pur et monohydraté $\frac{1}{8}$ de son poids de bioxyde de baryum, Houzeau obtenait un gaz ozoné qu'il recueillait sur l'eau. On emploie généralement 6 grammes de bioxyde par opération et on recueille environ 200 centimètres cubes de gaz très odorant; le reste de l'oxygène dégagé est peu actif.

Si on ajoute à de l'acide sulfurique les $\frac{2}{3}$ de son poids de permanganate de potasse, l'air en contact avec ce mélange jouit déjà des propriétés de l'ozone. En introduisant ensuite du bioxyde de baryum, on a un meilleur rendement qu'avec l'acide sulfurique seul.

Un des meilleurs appareils pour obtenir l'ozone en grande quantité et d'une manière

(1) Du grec : ὄζω, *je sens*.

continue est celui de Houzeau. Il est basé sur l'emploi de la décharge froide dans l'air (décharge par aigrette) qui donne de bien meilleurs résultats que l'étincelle, celle-ci fournissant surtout du peroxyde d'azote et se compose d'un tube de verre de 40 centimètres de longueur étroit et très mince. Il reçoit à l'intérieur un fil de platine et sa surface extérieure est recouverte d'une gaine conductrice quelconque, un fil de platine enroulé en hélice par exemple.

En faisant passer dans l'appareil un litre d'air à l'heure, on a obtenu jusqu'à 188 milligrammes d'ozone par litre de gaz.

Ou peut encore opérer avec un courant d'air deux fois plus rapide en enveloppant le premier tube d'un second dans lequel l'air passe également. Les deux tubes se confondent à la sortie de l'appareil.

L'oxygène soumis à l'action de l'effluve ne se transforme en ozone que partiellement ; mais si, comme l'ont fait MM. Frémy et Becquerel, on l'absorbe par l'iodure de potassium, au fur et à mesure qu'il se produit, la transformation est complète.

La production d'ozone accompagne toujours les combustions vives ou lentes. Ainsi, la combustion du mélange d'oxygène et d'hydrogène fournit de l'ozone qui est détruit par la flamme, mais qu'on peut cependant déceler en provo-

quant une aspiration rapide au moment de l'inflammation.

L'air qui a séjourné un quart d'heure ou une heure au plus sur du phosphore humide, contient de l'ozone. Si on prolonge le contact, il y a destruction complète.

Enfin, une foule de matières organiques qui subissent des oxydations lentes produisent de l'ozone en quantité très faible.

46. Constitution de l'ozone. — L'ozone est de l'oxygène condensé. C'est un oxyde d'oxygène. Une molécule d'ozone occupant deux volumes, c'est-à-dire un volume égal à celui de deux atomes d'oxygène ordinaire, contient trois atomes de ce dernier. Sa formule est donc O^3 .

Le protochlorure d'étain en solution étendue, fixe directement les trois atomes d'oxygène et le volume de gaz devient nul. Par contre, le mercure et l'iode de potassium n'en fixent qu'un ; il en reste donc deux qui occupent deux volumes, de sorte qu'après la combinaison, il n'y a pas de changement de volume.

Si on détruit l'ozone par la chaleur, le volume augmente de moitié, car les deux volumes d'ozone en donnent trois d'oxygène.

47. Propriétés. — L'ozone est très odorant : un millionième dans l'air suffit pour être perceptible à l'odorat. Quand il est concentré, il provoque une inflammation des muqueuses. Sa

savoir ressemble à celle du homard. Il est plus soluble dans l'eau que l'oxygène. Elle en dissout 3 à 5 centimètres cubes par litre.

La densité de l'ozone doit être les $\frac{3}{2}$ de celle de l'oxygène, c'est-à-dire 1,658 par rapport à l'air.

Bien qu'on n'ait jamais obtenu l'ozone à l'état de pureté, on a pu calculer sa densité indirectement au moyen de sa vitesse de diffusion qui est les $\frac{100}{84}$ de celle du chlore.

Théoriquement, d'après la loi de la diffusion, cette vitesse serait les $\frac{100}{82}$ de celle du chlore, puisque la densité de l'ozone doit être les $\frac{3}{2}$ de celle de l'oxygène.

L'ozone se décompose par simple dilatation. MM. Hautefeuille et Chappuis ont obtenu avec les appareils à effluve 21 % d'ozone à -23° et seulement 10 % à $+20^{\circ}$, sous la pression 760 millimètres. Sous une pression moindre, la limite s'abaisse sensiblement : à 180 millimètres ils ont obtenu 18 % d'ozone à -23° et 9 % à $+20^{\circ}$.

M. Cailletet en comprimant de l'ozone à 75 atmosphères à une température de -23° a obtenu dans le tube capillaire une belle coloration bleue. Une brusque détente produit un épais brouillard formé de gouttelettes de gaz liquéfié.

En examinant devant un papier blanc la co-

lonne gazeuse contenue dans un tube de 4 mètres de long, fermé par des glaces à ses extrémités et rempli d'ozone, M. Chappuis a constaté que le papier était nettement coloré en bleu.

La chaleur décompose l'ozone humide à 86° et l'ozone sec à 250°.

C'est un oxydant très énergique. Il agit comme de l'oxygène renforcé. Il s'unit directement au mercure pour former de l'oxyde de mercure et de l'oxygène, ainsi qu'à l'argent sec. Il transforme le phosphore en acide phosphorique, l'arsenic en acide arsénique, l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux en acide sulfurique, le peroxyde d'azote en acide azotique, etc.

L'ammoniaque donne des nitrates et des nitrites, ainsi que des nitrates avec l'azote atmosphérique, en présence des alcalis.

L'hydrogène phosphoré non spontanément inflammable, s'enflamme ainsi que le gaz éthylène; le sulfure de plomb est converti en sulfate, l'oxyde thalleux en peroxyde brun et l'acide arsénieux en acide arsénique.

L'iodure de potassium est décomposé par l'ozone qui met l'iode en liberté en formant de la potasse.

Les matières organiques sont oxydées et détruites : ainsi, l'alcool et l'éther s'acidifient instantanément en produisant de l'acide carbonique et de l'acide acétique, l'indigo se décolore; le

caoutchouc s'attaque en donnant de l'acide carbonique ; le sang et l'albumine sont oxydés rapidement de même que la benzine qui fournit un gaz détonnant : l'ozobenzine de Houzeau. C'est aussi à son action oxydante qu'on attribue le blanchiment sur le pré.

L'ozone jouit aussi de propriétés réductrices : il détruit l'eau oxygénée en donnant de l'eau et de l'oxygène et réduit les peroxydes secs de plomb et de manganèse.

Il est absorbé par les essences de térébenthine et de cannelle qui s'oxydent, Une solution alcoolique de gaïac bleuit au contact de l'ozone.

48. Ozone de l'air atmosphérique. — D'après Schœnbein et Luca, l'ozone de l'air provient de l'oxydation lente des matières organiques. Quand l'air est fortement chargé d'électricité et sillonné de nombreux éclairs, il se forme aussi de l'ozone.

Il paraît être apporté dans nos régions par les ouragans, les tempêtes et les bourrasques, car on en trouve plus au printemps qu'aux autres saisons, et généralement les vents les plus chargés en ozone sont ceux de l'ouest et du sud-ouest qui soufflent de la mer.

On croyait autrefois à la présence de l'eau oxygénée dans l'air mais nous avons vu qu'elle ne peut exister en même temps que l'ozone qui la décompose. D'ailleurs, on peut aujourd'hui

la caractériser dans une atmosphère qui en contiendrait beaucoup moins que d'ozone et éviter toute confusion.

Ce dernier gaz représente au maximum $\frac{1}{450\ 000}$ du poids de l'air et n'existe pas dans l'oxygène dégagé par les plantes.

49. Dosage. — Schœbein a cherché à mesurer l'ozone en exposant à l'air un papier déjà collé à l'amidon et trempé ensuite dans une solution d'iodure de potassium à 1 %. Ce papier, dit ozonométrique, bleuit proportionnellement à la quantité d'ozone que renferme l'air. Malheureusement, il bleuit aussi sous l'influence de beaucoup d'autres corps tels que : les composés nitreux, les acides, le chlore, le brome, l'iode, les vapeurs d'huiles essentielles et surtout l'essence de térébenthine. Il faut donc rejeter ses indications qui sont parfois fantaisistes.

Houzeau prenait un papier de tournesol rouge vineux, dont la moitié seulement était imprégnée d'iodure de potassium. La partie iodurée devenant alcaline en présence de l'ozone, prenait seule une coloration bleue. Ce procédé, meilleur que le précédent, donne d'assez bons résultats, ainsi que le papier à l'oxyde thalleux qui brunit sous l'influence de l'ozone.

En faisant barboter de l'air dans de l'iodure de potassium, Houzeau dosait encore l'ozone en

mesurant l'alcalinité de la solution, après avoir chassé l'iode libre par ébullition.

A. et P. Thénard font passer l'air dans une solution arsénieuse dont ils complètent l'oxydation avec une liqueur titrée de permanganate de potasse. Dans ces conditions, un atome d'oxygène fixé correspond à une molécule d'ozone O^3 .

A l'Observatoire de Montsouris où les observations ont été suivies pendant dix-neuf années, M. Albert-Lévy emploie une solution d'arsénite de potasse mélangé d'iodure de potassium pur, ce dernier ayant pour but d'activer la réaction. On évalue à l'aide d'une dissolution d'iode le poids d'arsénite restant et, par suite, le poids d'arsénite transformé duquel on déduit la quantité d'oxygène fixé. Il suffit de multiplier par 3 pour obtenir le poids de l'ozone.

On prépare la liqueur d'arsénite de potasse en pesant exactement 4^{gr},95 d'acide arsénieux pur, en poudre, que l'on met dans un petit ballon avec 10 grammes de bi-carbonate de potasse et 200 centimètres cubes d'eau. On laisse digérer, puis on décante le liquide dans un ballon de 1 litre. On ajoute au résidu du bicarbonate de potasse, jusqu'à ce que tout l'acide arsénieux soit dissous. On verse dans le ballon d'un litre et on ajoute encore 25 grammes de bicarbonate ; on complète le litre avec de l'eau distillée.

On obtient ainsi une liqueur $\frac{N}{20}$ avec laquelle on prépare une liqueur $\frac{N}{200}$ en l'étendant au $\frac{1}{10}$ et en ajoutant ensuite 2 grammes d'iodure de potassium $\%$.

On met dans les barboteurs 20 centimètres cubes d'une solution $\frac{N}{4\ 000}$ qu'on ne prépare qu'au moment de s'en servir, car elle ne se conserve pas. Il suffit, pour l'obtenir, de diluer au $\frac{1}{20}$, une portion de la liqueur $\frac{N}{200}$.

La liqueur d'iode $\frac{N}{1\ 000}$ qui sert au titrage est faite en étendant au $\frac{1}{100}$ une liqueur $\frac{N}{10}$ qu'on obtient en dissolvant dans un litre d'eau, 12^{gr},7 d'iode pur et 18 grammes d'iodure de potassium pur. On la conserve dans de petits flacons.

Elle correspond théoriquement à 0^{mg},008 d'oxygène, mais il convient de la titrer souvent. Pour cela, on prend 100 milligrammes d'hyposulfite de soude pur et sec, que l'on dissout dans 100 centimètres cubes d'eau distillée. On cherche le volume V d'iode nécessaire pour saturer les 100 centimètres cubes d'hyposulfite et on en déduit comme suit le titre de la solution d'iode.

Sachant que 24^{mg},8 d'hyposulfite correspondent à 0^{mg},8 d'oxygène, 100 milligrammes d'hy-

posulfite ou le volume V d'iode; correspondent à

$$\frac{0,8 \times 100}{24,8}, \text{ d'oxygène;}$$

Donc, 1 centimètre cube d'iode vaut en oxygène :

$$\frac{0,8 \times 100}{24,8 \times V}, \text{ ou } \frac{0,8 \times 100 \times 3}{24,8 \times V} \text{ d'ozone.}$$

Il est nécessaire pour obtenir de bons résultats d'opérer sur 1 500 ou 2 000 litres d'air, en adoptant pour l'aspiration et la mesure du gaz, le dispositif employé pour l'acide carbonique.

Généralement, le premier barboteur contient seul tout l'ozone. Au moment du titrage on y introduit 2 centimètres cubes d'empois d'amidon à 1 %, puis on le porte sous une burette graduée contenant la solution d'iode que l'on verse goutte à goutte jusqu'à coloration bleue persistante. La lecture faite, on la retranche de celle que donnent 20 centimètres cubes d'arsénite pur non soumis à l'action de l'ozone. La différence multipliée par la valeur en ozone d'un centimètre cube d'iode, donne le poids de l'ozone provenant du volume d'air employé.

On emploie trois barboteurs formés chacun d'un simple tube de 3 centimètres de diamètre et de 20 centimètres de hauteur, renflé à la partie supérieure afin d'éviter les projections de liquide.

L'air pénètre à l'intérieur par un tube de verre effilé.

Le liquide des deux derniers barboteurs est soumis au titrage comme le premier. Dans le cas où la lecture n'est pas celle que donnent les 20 centimètres cubes qui servent de repère, il faut ajouter la différence à celle déjà obtenue pour le premier tube.

50. Résultats. — La propriété si remarquable que possède l'ozone de détruire complètement les matières organiques, a permis de supposer que sa présence pouvait avoir une influence sur la santé publique.

Schœnbein le premier, a émis l'opinion qu'il détruit les gaz méphitiques et les miasmes qui existent en tous pays, soit normalement, soit accidentellement en temps d'épidémie.

Schröder a trouvé, en effet, que les matières animales ne se putréfient pas dans l'air ozonisé et $\frac{1}{3\ 000\ 000}$ dans l'air suffirait, d'après lui, pour en assurer la salubrité.

Les travaux entrepris sur cette question semblent affermir l'opinion de Schœnbein : ainsi, pendant que dans les campagnes on trouve constamment de l'ozone, sa présence dans les villes est beaucoup plus rare.

M. Albert-Lévy a utilisé un ozonographe construit par M. Salleron et formé d'un cercle de papier ioduré et amidonné, dont les secteurs

se présentaient successivement à l'action de l'air. Cet appareil lui a permis de constater nettement qu'à Montsouris, qui se trouve au sud de Paris, il y avait beaucoup moins d'ozoné dans l'air quand le vent venait du nord ou du nord-est en traversant toute la ville, que lorsqu'il soufflait du sud ou du sud-est, et qu'en outre, les vents du nord apportaient un principe décomposant l'iodure d'amidon précédemment formé.

Les grands centres habités influent donc d'une façon nuisible sur l'atmosphère, puisqu'ils la chargent de matières organiques en quantité suffisante pour que l'ozone disparaisse. D'ailleurs, M. Houzeau dans l'air de Rouen n'a trouvé d'ozone que pendant :

22	jours	de	janvier	à	mars.
56	»	»	avril	à	juin.
37	»	»	juillet	à	septembre.
19	»	»	octobre	à	décembre.

Soit seulement 134 jours dans l'année.

M. Bérigny à Versailles et M. Böckel à Strasbourg sont arrivés aux mêmes résultats et, selon eux, c'est en mai qu'on trouve le maximum d'ozone. M. Böckel a remarqué en outre que pendant les mois d'octobre à juin, l'air du matin en contient plus que celui du soir et que le contraire a lieu de juillet à septembre. Il a constaté également que l'ozone exerce une influence très grande sur les épidémies, car en

1854-1855, à Strasbourg, l'ozone avait disparu au commencement de l'épidémie cholérique et reparaisait à la fin.

Ces faits sont complètement d'accord avec ceux que signale le docteur Cook de Bombay, à la suite d'un travail considérable qu'il fit dans l'Inde en 1863 et 1864 et duquel il résulte une connexité évidente entre l'absence ou la décroissance de l'ozone dans l'air et la présence du choléra, de la dysenterie et des fièvres intermittentes. Ces maladies disparaissent quand l'ozone existe dans l'air en proportion relativement grande et font de nouvelles victimes dès qu'il diminue sensiblement.

Ajoutons que dans l'Inde, où l'air est habituellement chargé d'électricité et où l'élévation de la température favorise les oxydations organiques, la présence de l'ozone qui existe là en assez grande quantité est plus facile à constater que partout ailleurs. Il s'ensuit que les faits précédents ont de ce chef une certaine valeur dont il importe de tenir compte.

Dans le parc de Montsouris, les analyses ont été faites sans interruption depuis 1877. Voici le tableau donnant en milligrammes les moyennes mensuelle et annuelle, ainsi que celles de 19 ans pour chaque mois et pour une année.

OZONE CONTENU DANS 100^m³ D'AIR DU PARC DE MONTSOURIS

Mois	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	Total de 19 années (1877-1895)	Moyenne de 19 années
	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.
Janvier	0,7	0,7	1,8	1,1	1,8	1,7	2,2	1,0	1,2	1,1	1,5	2,3	1,0	2,4	25,5	1,3
Février	0,9	0,6	2,0	1,6	2,3	1,8	1,8	1,2	1,2	0,7	1,7	2,3	0,7	3,4	29,9	1,6
Mars	0,6	1,2	1,0	1,4	2,2	2,2	2,6	1,5	1,7	1,7	1,7	2,8	0,3	3,3	31,0	1,6
Avril	0,5	1,5	1,5	1,5	2,2	2,4	2,3	1,4	1,2	1,9	2,2	4,1	0,6	3,1	31,8	1,7
Mai	0,9	0,7	2,1	2,6	2,4	2,1	2,7	1,5	2,3	2,5	2,2	3,5	1,8	3,4	36,6	1,9
Juin	0,8	1,0	2,4	2,4	1,8	2,5	2,2	1,9	2,5	4,3	2,1	3,4	1,0	3,1	37,3	2,0
Juillet	0,4	1,2	2,4	2,2	1,8	2,2	2,1	2,2	2,0	2,1	2,4	2,8	0,7	2,9	34,0	1,8
Août	0,6	0,7	2,4	2,4	2,1	2,2	1,7	1,5	1,9	1,7	2,1	2,3	2,7	3,2	33,6	1,8
Septembre	0,6	1,2	2,0	2,5	1,2	1,5	2,2	1,3	0,8	1,8	1,4	2,0	2,9	3,3	30,3	1,6
Octobre	0,6	1,3	1,4	1,7	2,1	1,7	1,8	1,2	0,8	1,8	1,4	1,5	2,2	1,2	26,2	1,4
Novembre	1,0	1,8	0,5	1,7	1,5	1,6	2,1	0,9	1,1	1,9	1,3	1,2	1,6	1,2	24,8	1,3
Décembre	0,4	1,5	1,2	1,6	1,9	2,6	1,0	1,0	1,1	1,6	2,0	1,5	2,3	2,0	25,1	1,3
Moyenne	0,7	1,1	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	1,4	1,5	1,9	1,8	2,5	1,5	2,7	370,1	1,6

Ces résultats très nombreux montrent nettement que l'ozone augmente pendant les six premiers mois de l'année et, particulièrement au printemps, en avril, mai et juin, pour décroître jusqu'en décembre.

Les variations quotidiennes sont parfois très grandes. Le tableau des p. 150 et 151 donne, à titre d'exemple, les résultats de l'année 1895, obtenus de jour en jour.

On remarquera que les moyennes mensuelles sont bien plus élevées que celles des années précédentes, ce qui tient sans aucun doute à la prédominance des vents du sud.

L'étude de l'ozone est loin d'être terminée et malgré les moyens mis en œuvre, on n'est pas absolument certain de le doser uniquement, car il peut exister dans l'air des corps inconnus ayant la propriété d'oxyder l'arsénite de potasse, sans parler des micro-organismes, dont quelques-uns jouent peut-être un rôle dans l'oxydation des substances employées.

Nous sommes donc obligés d'admettre, dans les tableaux, que c'est à l'ozone seul qu'on a à faire, en attendant que de nouvelles recherches permettent d'élucider cette intéressante question.

OZONE DANS 100^{m3} D'AIR DU

Dates	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
1	//	7,2	1,4	3,3	//	2,4
2	//	6,4	3,2	3,2	4,0	//
3	2,2	//	//	2,6	4,3	3,1
4	3,8	4,4	2,4	2,8	3,6	//
5	3,4	3,3	3,1	3,3	//	3,9
6	0,0	3,9	2,7	3,3	2,2	3,8
7	3,0	6,0	3,7	//	3,9	2,5
8	4,5	1,5	3,5	3,5	3,5	4,9
9	3,5	7,4	3,1	2,5	2,8	//
10	4,5	//	//	3,2	3,7	3,8
11	2,1	4,4	2,0	3,6	3,5	4,4
12	5,7	5,4	5,2	3,0	//	3,4
13	//	//	3,7	3,5	3,4	4,8
14	0,9	0,3	3,6	//	2,4	3,1
15	2,4	1,2	3,0	3,4	4,1	2,5
16	1,2	2,2	//	2,9	4,6	//
17	0,8	//	//	1,9	3,1	3,0
18	0,4	2,2	2,7	2,6	3,0	3,5
19	1,4	2,0	3,4	4,0	//	2,6
20	//	3,2	3,1	5,1	//	2,8
21	1,2	3,3	2,5	//	3,1	2,2
22	3,1	3,2	2,2	3,0	3,1	2,1
23	0,7	3,4	2,3	3,3	//	//
24	0,9	//	//	1,2	2,9	1,8
25	0,2	2,0	3,8	//	3,6	3,0
26	1,1	//	4,9	1,9	//	2,9
27	//	2,8	3,9	4,1	3,2	1,6
28	4,3	2,3	3,1	//	4,1	3,3
29	4,1		5,5	4,1	3,8	2,1
30	1,9		3,8	//	2,6	//
31	2,5		//		3,4	
Moyenne :	2,4	3,4	3,3	3,1	3,4	3,1

PARC DE MONTSOURIS (1895)

Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2,2	3,8	//	1,3	//	//
3,6	3,9	3,1	0,4	1,5	1,6
3,3	4,6	3,5	0,6	//	1,6
2,6	//	3,9	0,4	1,4	1,0
2,7	4,4	3,9	0,3	0,2	0,9
2,9	4,4	4,7	//	0,4	0,7
//	3,5	5,5	0,4	0,4	0,9
2,9	3,0	//	0,5	0,4	//
3,0	2,5	4,6	0,5	0,6	//
4,1	2,6	4,9	0,6	//	1,0
0,7	//	3,8	1,6	1,4	3,2
3,1	2,7	1,5	1,9	0,7	1,9
3,0	2,8	1,2	//	0,6	1,5
//	1,3	2,8	1,5	1,0	0,8
3,3	//	//	3,8	1,1	//
2,9	3,7	3,1	1,0	0,4	0,3
4,2	3,7	2,5	1,7	//	0,4
3,0	//	3,6	1,6	2,5	2,6
2,9	3,9	3,0	2,3	1,1	1,2
2,6	3,5	3,5	//	1,5	3,0
//	3,9	2,0	//	2,1	5,4
3,7	2,4	//	2,0	0,9	//
2,5	3,6	1,4	1,8	1,5	2,8
2,8	2,7	3,0	1,5	//	4,6
2,3	//	2,5	0,9	2,0	//
3,4	2,0	4,5	0,4	1,1	3,1
3,3	2,3	4,0	//	1,4	1,1
//	3,4	3,6	1,2	2,0	5,2
3,2	2,7	//	0,5	1,7	//
2,2	3,0	3,5	1,1	0,9	1,8
2,2	3,0		1,8		0,8
2,9	3,2	3,3	1,2	1,2	2,0

CHAPITRE X

PROTOCARBURE D'HYDROGÈNE ET GAZ DIVERS

Indépendamment de tous les éléments que nous venons de passer en revue, l'atmosphère contient encore quelquefois d'autres substances gazeuses en très petite quantité ; ce sont : l'hydrogène protocarboné, gaz des marais ou formène, l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'iode, l'acide azoteux, parfois même l'acide sulfurique.

51. Formène. — Quand on remue la vase qui séjourne au fond des marais, on voit monter à la surface de l'eau des bulles de gaz formées d'un mélange de formène, d'acide carbonique et d'azote.

D'après Böhm, c'est à une fermentation particulière des débris végétaux qu'est due sa présence dans les marais, auxquels il doit son nom. Pendant cette fermentation, il se forme beaucoup d'ammoniaque.

Ce gaz sort parfois du sol avec abondance et on en trouve de véritables sources en Chine, en Perse, en Asie Mineure et autour de la mer Caspienne. Il forme la majeure partie des gaz qu'émettent les pétroles d'Amérique et du Canada. On le trouve également dans les fumeroles de Sicile.

Sa formation, dans tous les cas, a une origine végétale ; ce sont les mêmes fermentations que celles des marais qui lui donnent naissance. Dès lors, on conçoit aisément que partout où se sont accumulés des débris végétaux, il puisse exister du formène. La houille, par exemple, en renferme de grandes quantités et le gaz qu'on en extrait pour l'éclairage contient 50 % environ de protocarbure d'hydrogène.

Dans les mines de houille, ce gaz qui remplit des excavations se dégage parfois des fissures et, pendant l'extraction du charbon, envahit les galeries d'exploitation, se mélange à l'air et provoque, trop fréquemment hélas, des explosions terribles. Il est connu des mineurs sous le nom de *grisou*.

L'air qui n'en contient que 2, 3 ou 4 % permet encore à une lampe de brûler tranquillement et sans crainte de provoquer l'inflammation du mélange, mais dès que la proportion atteint 6 ou 7 %, le danger est imminent.

On a cherché et on cherche encore à protéger

les malheureux ouvriers des houillères contre le grisou. Ils sont munis depuis longtemps déjà, de lampes de sûreté dont la première est due à Davy et qui ont pour but d'empêcher la propagation de l'explosion en dehors de la lampe, par le refroidissement que subit le mélange tonnant sur une toile métallique qui entoure la flamme.

La lampe Mueseler dont on se sert aujourd'hui, permet bien de reconnaître à quel moment l'air des mines devient dangereux, par l'auréole bleue qui entoure alors la flamme, mais à ce moment il est trop tard pour prendre des mesures préventives et la moindre imprudence peut amener une catastrophe.

Malgré l'emploi de ces appareils de sûreté, on soumet les puits et les galeries des mines à une ventilation énergique qui est souvent insuffisante et qu'on ne peut toujours effectuer efficacement à cause de l'accès difficile de certaines galeries.

On cherche maintenant à se rendre compte de l'arrivée du grisou dans les mines, en pratiquant le dosage de ce gaz en plusieurs points.

L'analyse au moyen de l'oxyde de cuivre fournirait, dans ce cas, de bons résultats, mais elle a le défaut d'être très longue et de nécessiter beaucoup de matériel.

Sachant qu'un volume d'hydrogène protocarboné avec deux volumes d'oxygène donne un

volume d'acide carbonique et par conséquent une réduction des $\frac{2}{3}$ du volume total, on peut encore faire un dosage eudiométrique, mais si la quantité de grisou est faible, les résultats peuvent n'être pas bien nets.

Les Américains emploient comme avertisseur un appareil imaginé par M. Shaw et reposant en principe sur la fixité absolue de la proportion de gaz combustible nécessaire dans un mélange avec de l'air pur, pour que se produise l'inflammation. Cette proportion est de 0,060 pour le grisou et de 0,085 pour le gaz d'éclairage moyen.

La fixité en a été vérifiée par M. Le Chatelier et les irrégularités qu'on croyait exister vers les limites d'inflammabilité tiennent probablement au manque de précision dans la mesure des volumes gazeux ⁽¹⁾.

M. Gréhant ⁽²⁾ au moyen du grisoumètre de M. Coquillion est arrivé à doser des mélanges d'air et de formène depuis $\frac{1}{15}$ jusqu'à $\frac{1}{400}$ et même $\frac{1}{800}$.

L'air est prélevé au moyen de flacons pleins d'eau qu'on vide dans la mine, puis après avoir

(1) H. LE CHATELIER. — *Annales des Mines* 8^{me} série, t. XIX. 1891.

(2) N. GRÉHANT. — *Revue Générale des Sciences*, 1892.

absorbé l'acide carbonique, on introduit les gaz dans le grisoumètre. La réduction produite est proportionnelle à la quantité de grisou contenu dans l'air et quatre fois plus grande, après absorption de l'acide carbonique formé, que celle occasionnée par l'oxyde de carbone. Dès lors, connaissant les réductions que fournissent des mélanges connus, on peut déterminer très rapidement la quantité de formène qui se trouve dans l'air d'une mine, en un point quelconque.

Boussingault a, le premier, montré que l'air des grandes villes contient en très petite quantité un gaz ou une vapeur hydrogéné et sans doute carburé. Il a trouvé à Lyon que la teneur en hydrogène de ce corps atteignait au maximum, $\frac{1}{10\ 000}$ en volume. A Groningue, M. Verver a obtenu, pour l'air des contrées marécageuses, une proportion plus forte de ce principe hydrogéné qui, selon lui, n'est autre chose que le gaz des marais.

52. Acide sulfureux. — L'acide sulfureux existe toujours dans le voisinage des volcans. Ces montagnes le répandent dans l'atmosphère en même temps que l'acide carbonique. Dans les grands centres industriels il n'est pas rare de constater sa présence, car certaines usines en dégagent abondamment.

Il est très facile de doser l'acide sulfureux. S'il se trouve dans un mélange d'air en assez

grande quantité, on peut l'absorber par le bioxyde de plomb sec. Si on a affaire à de petites quantités, il est plus simple de le transformer en acide sulfurique par oxydation. Nous employons pour cela une dissolution d'eau oxygénée bien pure et rendue acide par un peu d'acide borique, afin d'éviter sa décomposition rapide. L'air contenant de l'acide sulfureux et qui barbote dans ce liquide donne naissance à de l'acide sulfurique qu'il suffit de doser ensuite à l'état de sulfate de baryte.

53. Acide sulfurique. — Il arrive parfois que certaines usines envoient directement dans l'atmosphère des vapeurs d'acide sulfurique, mais ceci est assez rare, car on emploie généralement toutes les précautions nécessaires pour les éviter.

Cependant l'acide sulfureux qui se trouve près des volcans passe en partie à l'état d'acide sulfurique par oxydation directe, mais il est à ce moment en faible quantité et très dilué dans l'air, duquel il se sépare, d'ailleurs, avec la vapeur d'eau.

54. Hydrogène sulfuré. — Les fosses d'aisances dégagent de l'hydrogène sulfuré, du sulfhydrate d'ammoniaque et peuvent produire des asphyxies quand des ouvriers doivent y descendre. Chevreul cependant a constaté que ces asphyxies tiennent plutôt au manque d'oxygène

qu'à la présence en forte proportion de l'hydrogène sulfuré, car la putréfaction des matières des fosses amène la disparition de l'oxygène et laisse seulement l'azote.

On reconnaît l'hydrogène sulfuré en faisant agir les mélanges gazeux qui en renferment sur l'acétate de plomb. Il se produit un précipité ou une coloration brun noir très nette.

55. Iode. — D'après M. Chatin, l'air contiendrait habituellement une petite quantité d'iode, soit à l'état libre, soit sous forme de sels et sa disparition des eaux de certains pays de montagnes, provoquerait le goître parmi les habitants.

Ces considérations ont été fort discutées et pourtant Péligot et M. Bouis ont souvent et nettement caractérisé la présence de l'iode dans les eaux pluviales. Comme celles-ci lavent pour ainsi dire l'atmosphère, entraînant avec elles toutes les poussières en suspension, on est assez fondé à croire que l'iode existe au moins accidentellement dans l'air, libre ou combiné.

Cette question mérite d'être approfondie et il ne serait pas inutile, par des expériences suivies et faites avec toute la précision désirable sur l'air même, de fixer définitivement les idées.

56. Acide azoteux. — Quand on prépare la liqueur cupro-ammonique de Schweitzer par l'action de l'ammoniaque sur le cuivre en pré-

sence de l'air, il se forme en même temps de l'azotite et de l'azotate de cuivre. Cette formation d'acide nitreux est la conséquence de toutes les oxydations lentes, dans lesquelles interviennent des composés azotés. Schœnbein admet également que l'oxydation rapide des matières combustibles par l'oxygène de l'air produit de l'acide azoteux. Par suite, il explique ainsi la formation de ce corps dans l'atmosphère où il se rencontre à l'état d'azotite d'ammoniaque.

L'acide nitreux ne se forme généralement qu'accompagné d'acide azotique, soit comme nous venons de l'indiquer, soit pendant les orages.

57. Miasmes et odeurs. — On attribuait autrefois l'origine de beaucoup de maladies à des émanations de toutes sortes et de nature inconnue. On sait aujourd'hui que les germes organisés ont une influence beaucoup plus sérieuse et absolument incontestable.

Pourtant, MM. Brown-Séquard et d'Arsonval prétendaient que la vapeur d'eau exhalée des poumons, déterminait la mort chez des lapins auxquels on l'injectait.

MM. Dastre et Loye, sans réfuter l'existence d'une substance toxique dans l'air venant des poumons, pensent néanmoins qu'elle est insuffisante pour produire des accidents.

On sait bien cependant que l'air déjà inspiré

et ramené dans les conditions normales (addition d'oxygène et soustraction d'acide carbonique) est *vicié*, désagréable à respirer et provoque parfois des malaises. Mais, si les miasmes appelés aussi ptomaïnes, peuvent être momentanément nuisibles, ils n'ont rien de comparable avec les intoxications illimitées que peuvent produire les bactéries, car, à dose infinitésimale, leur effet est à peu près nul.

Dans les grandes villes comme Paris, l'atmosphère est souvent chargée de mauvaises odeurs et d'exhalaisons fétides. Elles sont occasionnées par les boues, les déjections de toutes sortes provenant soit des boucheries, soit d'établissements similaires, et séjournant sur la voie publique; les dépôts d'immondices, les évents des fosses d'aisances et des égouts, etc. L'habitation seule, avec ses petites cours presque inaccessibles, est certainement une des principales causes d'infection.

En résumé, indépendamment des gaz qui se forment naturellement dans l'atmosphère, l'industrie et la vie peuvent la souiller incidemment de toutes sortes de vapeurs plus ou moins désagréables ou nuisibles. Il existe, par exemple, des usines dont la cheminée répand des torrents d'acide chlorhydrique, qui rendent toute végétation impossible sur un rayon assez étendu.

Si la composition générale de l'air n'accuse

pas la présence de ces vapeurs, il n'en est pas moins vrai que les habitations les plus rapprochées de semblables foyers odorants ou malsains en souffrent ; aussi ne saurait-on prendre assez de mesures pour obvier, dans la limite du possible, à d'aussi sérieux inconvénients.

Il est actuellement impossible de déterminer la nature des odeurs de l'air, mais on a cherché à les doser.

M. Gérardin enferme de l'air dans un flacon, et en précipite les matières odorantes au moyen de vapeur d'eau sans pression. L'eau condensée et traitée à l'ébullition par le permanganate de potasse, réduit partiellement celui-ci que l'on titre avant et après l'expérience. La différence des lectures permet de calculer la quantité d'oxygène qu'il a fallu pour brûler la matière organique.

Malheureusement, ce procédé ne fournit que des résultats comparatifs entre eux et nullement proportionnels à la quantité de matière organique, qui, de plus, peut exister dans l'air sans pour cela être odorante. Ce ne sont donc pas les odeurs qu'on dose.

A ce sujet, disons que si la quantité de matière odorante nous était connue, nous ne serions nullement fixés sur sa valeur en ce qui concerne l'impression olfactive, car il est des corps, comme le musc par exemple, dont une

quantité impondérable suffit pour saturer d'odeur un volume d'air assez important.

La propriété qu'a la vapeur d'eau de précipiter les poussières de l'air, reconnue par M. Gérardin, a été utilisée par lui avec succès dans plusieurs industries insalubres et entre autres dans la fabrication du minium dont la poussière est si nuisible aux ouvriers. Il est arrivé à condenser également le noir de fumée et toutes les substances contenues dans les fumées d'usines.

Il suffit d'une très faible dépense de vapeur pour obtenir d'aussi beaux résultats, qui intéressent au plus haut point l'hygiène publique.

CHAPITRE XI

EAUX MÉTÉORIQUES, NEIGES, GIVRES, BROUILLARDS, ROSÉES

58. Apports des pluies. — Les eaux de pluies, principalement celles des premières averses, se corrompent très rapidement, car outre toutes les poussières de l'atmosphère, elles entraînent des corpuscules organisés. Elles sont donc malsaines et on doit éviter d'en boire, surtout en été.

Quoique toutes les matières solides en suspension dans l'air y soient en quantité insignifiante, les apports des pluies au sol méritent cependant de fixer l'attention. M. I. Pierre a constaté qu'annuellement et par hectare, les eaux météoriques tombées dans les environs de Caen, déposaient sur le sol 59 kilogrammes de chlorures, dont 44 de sel marin, qui viennent sans aucun doute de la mer; 23 kilogrammes de sulfates, et 26 kilogrammes de chaux.

Deux matières bien plus importantes au point de vue agricole : l'acide azotique et l'ammoniaque sont également fournies à la terre par les pluies.

59. Acide azotique. — L'acide azotique existe dans l'air à l'état d'azotate d'ammoniaque, par suite, on le rencontre également dans les eaux pluviales, dans lesquelles on le dose par le procédé suivant :

On évapore 200 centimètres cubes d'eau, additionnés de 1 centimètre cube de potasse au dixième et on les réduit à 10 centimètres cubes. Pour débarrasser le liquide des matières organiques qu'il contient, on l'introduit dans une petite cornue de verre en même temps que les produits du lavage de la capsule avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique pur. On verse ensuite un excès de permanganate de potasse et on distille. L'oxygène dégagé brûle la matière organique. Quand les vapeurs blanches d'acide sulfurique remplissent la panse de la cornue, on arrête l'opération et on laisse refroidir. On ajoute ensuite 2 centimètres cubes d'eau distillée dans la cornue et on redistille ; ce lavage est fait deux fois.

L'eau acide provenant de la distillation est introduite dans une seconde cornue, dans laquelle on verse un volume connu de sulfate de fer ammoniacal, et 10 centimètres cubes d'un

mélange de quatre parties d'acide chlorhydrique pur, deux parties d'acide sulfurique et quatre parties d'eau distillée. On chauffe à l'ébullition dans un courant d'acide carbonique, en faisant passer les produits de la distillation, dont on ne s'occupe pas d'ailleurs, à travers un appareil réfrigérant.

L'acide nitrique est décomposé par l'acide chlorhydrique ; il se dégage du bioxyde d'azote. L'oxygène enlevé à l'acide azotique se porte sur le protoxyde de fer, qu'il transforme partiellement en sel de sesquioxyde. On dose le sulfate de fer restant par le permanganate. Connaissant le titre du sulfate de fer, on déduit, par différence, le poids d'oxygène enlevé à l'acide nitrique et, par suite, le poids de l'azote nitrique.

Boussingault, auquel on doit de nombreuses analyses sur ce sujet, a montré que la pluie prolongée dépouille l'atmosphère peu à peu. Ainsi, quatre prises effectuées au Liebfrauenberg successivement sur dix-huit pluies, ont donné comme moyennes en acide azotique par litre : $0^{\text{mg}},94$; $0^{\text{mg}},41$; $0^{\text{mg}},37$ et $0^{\text{mg}},24$.

Il a trouvé comme moyenne générale des déterminations effectuées au Liebfrauenberg, $0^{\text{mg}},184$ par litre. Ses résultats l'ont conduit à admettre que la quantité d'azote nitrique tombée par hectare et par an, était de $0^{\text{kg}},33$.

Le colonel Chabrier ⁽¹⁾, a trouvé à Saint-Chamas, en Provence, 0^{kg},8 par hectare.

Dans le parc de Montsouris, les analyses effectuées depuis 1877 ont donné un nombre plus élevé, soit 4 kilogrammes d'azote nitrique, par hectare et par an.

Le tableau de la p. 167 donne, par mètre carré, la quantité d'azote nitrique versé par les pluies, et la moyenne des résultats.

Par mois, la quantité moyenne par litre, est peu variable et les moyennes extrêmes de dix-neuf ans sont respectivement 0^{mg},6 et 0^{mg},9, ce qui donne une moyenne générale de 0^{mg},7.

Dans les régions tropicales, où les décharges électriques sont très intenses et très fréquentes, la proportion d'azote nitrique augmente.

MM. Müntz et Marcano, ont trouvé à Caracas, dans le Vénézuéla, 5^{kg},8 par hectare et par an, et 6^{kg},9 à l'Ile de la Réunion ⁽²⁾.

Les poussières de nitrate d'ammoniaque, comme d'ailleurs toutes les matières que l'air tient en suspension, diminuent à mesure qu'on s'élève.

Les pluies recueillies et analysées, par

⁽¹⁾ CHABRIER. — *Annales de chimie et de physique*, 4^{me} série, t. XXIII.

⁽²⁾ MÜNTZ et MARGANO. — *Comptes-rendus*, t. CVIII.

AZOTE NITRIQUE VERSÉ PAR LES PLUIES SUR 1 m² DU SOL DU PARC DE MONTSOURIS
(EN MILLIGRAMMES)

Mois	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	Total 1877-1894	Moyenne
Janvier	10	50	3	29	31	14	21	15	18	21	43	24	10	57	23	462	26
Février	23	9	11	22	25	22	11	2	39	48	11	5	69	51	14	429	24
Mars	4	20	17	14	12	33	25	25	53	16	35	51	36	6	11	428	24
Avril	103	34	46	28	13	35	28	48	43	48	28	44	12	0	25	594	33
Mai	6	40	51	22	23	19	40	69	16	67	46	50	6	36	25	574	32
Juin	90	20	23	16	23	81	81	22	81	32	18	36	36	31	20	646	36
Juillet	52	45	36	14	12	10	17	35	104	30	56	45	62	54	49	683	38
Août	35	25	38	12	15	26	39	21	53	30	46	21	71	11	34	659	37
Septembre	35	52	72	77	29	35	11	20	25	26	28	25	19	52	649	36	
Octobre	129	8	55	46	22	50	62	32	13	49	11	33	127	57	17	801	45
Novembre	20	7	54	45	18	11	22	34	41	30	69	47	42	65	20	600	33
Décembre	27	16	51	15	50	21	44	36	16	17	21	32	48	38	18	641	36
TOTAL	534	326	457	340	273	357	401	360	497	413	410	416	544	425	308	7166	400

MM. Müntz et Aubin, au sommet du Pic du Midi, n'ont pas donné d'acide nitrique (1).

La neige est plus riche en nitrate d'ammoniaque que la pluie. Ceci tient à la plus grande surface qu'elle présente et au temps qu'elle met pour arriver jusqu'au sol. Il est évident que, dans ces conditions, elle ramasse, beaucoup plus facilement que la pluie, les poussières atmosphériques.

Boussingault a trouvé, à Paris, une moyenne de $1^{\text{mg}},48$ par litre d'eau de neige. A Montsouris, on a obtenu, en 1894, de $0^{\text{mg}},5$ à 1 milligramme.

Le brouillard exceptionnel du 19 décembre 1857 à Paris, a donné à Boussingault $10^{\text{mg}},11$ par litre d'eau condensée, mais par les brouillards ordinaires, ses résultats ont varié seulement de $0^{\text{mg}},4$ à $1^{\text{mg}},8$.

La rosée, d'après vingt-sept expériences, lui a donné une moyenne de $0^{\text{mg}},279$, avec un maximum de 1,121 et un minimum de 0,06.

60. Ammoniaque. — On retrouve dans les eaux météoriques l'ammoniaque aérienne, mais en plus grande abondance. On la dose comme dans l'air, soit par distillation, après avoir concentré le liquide en solution acide, soit par le réactif de Nessler.

(1) MUNTZ et AUBIN. — *Comptes-rendus*, t. XCV et XCVII.

Les résultats de Boussingault au Liebfrauenberg sont les suivants en milligrammes par litre :

Moyenne de 47 dosages de mai à octobre 1853, y compris rosées et brouillards	0 ^{mg} ,52
Moyenne des rosées seules	6, 00
" des brouillards seuls de	2 à 8
Dans le brouillard exceptionnel de 1854 à Paris.	138

Il a trouvé, en moyenne, par hectare et par an, 3^{kg},50 d'ammoniaque apportée par les pluies.

Bineau, à Lyon, a obtenu, en 1852, 32^{kg},5 par hectare et 43^{kg},5 en 1854.

En divers points de Paris, M. Albert-Lévy a obtenu les chiffres suivants :

PLUIES DE PARIS

Stations	1877	1878	1879	1880	1881
	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.
Montsouris.	1,9	1,8	1,2	1,3	1,7
Buttes-Chaumont	1,9	1,8	1,2	1,3	1,7
École d'Auteuil	1,9	1,7	//	//	//
Gare du Nord	//	1,8	//	//	//
Stations	1877	1878	1879	1880	1881
	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.
Dépotoir de la Villette	//	//	1,2	//	//
Jardin d'Acclimatation	//	//	1,2	//	//
Gennevilliers	//	//	//	1,3	1,7

AZOTE AMMONIACAL VERSÉ PAR LES PLUIES SUR 1^{m2} DU SOL DU PARC DE MONTSOURIS
(EN MILLIGRAMMES)

Mois	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	Total 1876-1894	Moyenne
Janvier . .	158	24	151	48	73	156	17	111	187	143	111	62	566	111	2149	113
Février . .	46	59	104	70	85	63	10	84	86	23	52	157	210	42	1403	74
Mars . . .	59	70	54	54	74	98	60	132	94	59	275	205	12	47	1680	88
Avril . . .	69	143	96	33	132	69	111	84	115	59	77	100	0	86	1633	86
Mai	53	65	65	97	72	73	157	16	263	70	111	19	82	62	1517	80
Jun	61	92	76	110	135	162	111	88	31	20	99	32	100	87	1629	86
Juillet . .	45	131	77	86	36	52	128	44	43	66	44	100	120	188	1509	79
Août . . .	70	170	67	195	119	140	161	42	89	45	40	54	35	135	1830	96
Septembre .	181	189	162	64	80	46	70	54	37	51	86	70	59	173	1645	87
Octobre . .	51	121	93	66	120	85	155	51	133	37	151	182	235	108	1982	104
Novembre .	65	171	90	84	76	72	159	107	83	138	158	104	84	92	1803	95
Décembre .	51	124	62	155	83	146	116	114	82	78	121	100	129	158	1912	101
TOTAL . .	909	1359	1097	1062	1085	1162	1255	927	1243	789	1325	1185	1632	1289	20682	1089

MM. Lawes et Gilbert à Rothamsted, pendant les années 1853 et 1853, ont trouvé une moyenne générale de $0^{\text{mg}},97$ par litre.

MM. Müntz et Aubin, au Pic du Midi, ont obtenu des nombres variant de 0,08 à 0,34 pour les pluies ; de 0,06 à 0,14 pour les neiges, et de 0,19 à 0,64 pour les brouillards.

A Montsouris même, la moyenne de dix-neuf ans est de $2^{\text{mg}},0$ par litre d'azote ammoniacal apporté par les pluies.

Le tableau de la p. 170 donne les poids d'azote, en milligrammes, versé sur 1 mètre carré du sol.

On voit que la quantité d'azote ammoniacal est bien supérieure à celle de l'azote nitrique. L'apport total et annuel a varié en dix-neuf ans de 12 à 18 kilogrammes par hectare.

On peut se rendre un compte exact des variations de l'azote provenant des pluies, pendant les saisons froide et chaude, en consultant les nombres suivants qui résument aussi complètement que possible les résultats de dix-neuf années.

Quoique les résultats mensuels diffèrent sensiblement entre eux, les moyennes annuelles se rapprochent beaucoup de la moyenne générale, et sur les 14 années figurées dans le tableau, 6 d'entre elles n'en diffèrent guère que de 100 milligrammes.

AZOTE AMMONIACAL ET AZOTE NITRIQUE,
(MOYENNES

Années	Saison froide (septembre à février)				
	Hauteur de pluie	Azote ammoniacal		Azote nitrique	
		par litre	par m. carré	par litre	par m. carré
	mm.	mg.	mg	mg.	mg.
1875-76 . . .	272	2,1	575	0,7	190
1876-77 . . .	263	1,5	388	0,8	210
1877-78 . . .	227	1,9	424	0,4	91
1878-79 . . .	338	1,4	462	0,5	169
1879-80 . . .	168	1,4	231	0,7	118
1880-81 . . .	331	1,5	503	0,8	265
1881-82 . . .	205	2,0	415	0,4	83
1882-83 . . .	416	2,2	902	0,7	279
1883-84 . . .	260	1,9	481	0,9	229
1884-85 . . .	194	2,7	519	0,8	153
1885-86 . . .	304	1,9	570	0,5	137
1886-87 . . .	240	1,6	376	0,7	159
1887-88 . . .	227	3,1	694	0,8	180
1888-89 . . .	214	2,8	599	0,7	159
1889-90 . . .	215	2,3	500	0,7	175
1890-91 . . .	198	2,6	519	0,8	156
1891-92 . . .	366	1,8	676	0,9	321
1892-93 . . .	390	3,2	1232	0,9	351
1893-94 . . .	290	2,3	659	0,3	217
TOTAL . . .	5118	//	10725	//	3645
Moyenne . . .	269	2,1	564	0,7	192

VERSÉS SUR LE PARC DE MONTSOURIS
(SEMESTRIELLES)

Années	Saison chaude (mars à août)				
	Hauteur de pluie	Azote ammoniacal		Azote nitrique	
		par litre	par m. carré	par litre	par m. carré
		mm.	mg.	mg.	mg.
1876	270	1,9	500	0,6	162
1877	339	1,6	542	0,4	136
1878	373	2,0	726	0,1	50
1879	317	1,0	325	0,9	285
1880	231	1,4	311	0,6	139
1881	226	1,5	348	0,8	181
1882	259	2,7	701	0,8	207
1883	200	2,2	432	0,5	106
1884	215	2,5	544	0,4	92
1885	243	2,1	500	0,8	153
1886	398	1,5	590	0,6	223
1887	277	2,6	728	0,8	220
1888	366	1,1	406	1,0	350
1889	295	2,2	635	0,8	223
1890	371	0,9	319	0,6	230
1891	337	1,9	646	0,7	247
1892	247	2,1	510	0,9	223
1893	187	1,9	349	0,7	140
1894	235	2,6	605	0,7	163
	5386	//	9717	//	3530
	283	1,8	511	0,7	186

Les résultats obtenus dans les villes sont plus forts que dans les campagnes. Les nombres qui suivent le montrent nettement.

AZOTE AMMONIACAL ET NITRIQUE

Stations	Azote	
	ammo- niacal	nitrique
	mg.	mg.
Angleterre, intérieur des terres . .	0,88	0,19
Angleterre, intérieur des villes . .	4,25	0,22
Écosse, près de la côte	0,61	0,11
Écosse, intérieur des terres	0,44	0,08
Écosse, dans les villes	3,15	0,30
Écosse, à Glaëgow	7,49	0,63
Montsouris (moyenne de dix-neuf années)	2,00	0,70

Ces chiffres n'ont rien d'extraordinaire, car nous savons que les villes sont une des sources de l'ammoniaque aérienne, en raison des usines qu'elles renferment et des fermentations qui se produisent constamment.

Les quantités d'azote, tant nitrique qu'ammoniacal, diffèrent sensiblement en divers points du globe. Nous donnons ci-après, les résultats obtenus par divers expérimentateurs, en Allemagne, en Italie, en Angleterre et en France.

QUANTITÉ D'AZOTE, EN MILLIGRAMMES, TROUVÉE DANS 1 LIT D'EAU DE PLUIE RECUEILLIE
DANS DIFFÉRENTES STATIONS

Stations	Dates	Hauteur d'eau tombée	Azote ammoniacal	Azote nitrique	Azote total par hectare
Kuschen.	1864-1865	296mm,3	0mg,54	0mg,16	2kg,080
"	1865-1866	442,	0,	0,	2, 800
Insternburg (Allemagne)	1864-1865	688,	0,	0,	6, 150
"	1865-1866	594,	0,	0,	7, 630
Dahme (Allemagne).	1865	427,	1,	0,	7, 460
Regenwalde (Allemagne)	1864-1865	587,	2,	0,	16, 500
"	1865-1866	482,	1,	0,	11, 630
"	1866-1867	634,	2,	0,	18, 410
Proskau.	1864-1865	445,	3,	1,	23, 420
Florence (Italie)	1870	913,	1,	0,	14, 960
"	1871	1062,	0,	0,	11, 080
"	1872	1270,	0,	0,	14, 010
Vallombrosa	1853-1854	1995,	0,	0,	11, 630
Rothamsted (Angleterre)	1855	725,	0,	0,	6, 240
"	1856	729,	0,	0,	7, 290
"	1856	680,	1,	0,	8, 850
Montsouris (moyenne des dix-neuf années 1876-1894)		551,	2,	0,	14, 890

Si l'on compare les nombres fournis par les pluies à ceux que donnent la neige, le givre et la gelée à Montsouris, on voit que la quantité d'azote ammoniacal est bien plus grande dans ces derniers :

Dates	Par litre d'eau Azote	
	ammoniacal	nitrique
	mg.	mg.
1894 Janvier 1 ^{er} (neige)	28,7	0,5
" 11	16,2	0,7
" 13	18,2	1,0
" 19	24,0	"
" 24 (givre)	25,2	"
" 25	40,7	0,1
Février 23 (gelée)	35,9	

61. Acide azoteux. — L'acide azoteux que l'on trouve dans l'air à l'état d'azolite d'ammoniaque est généralement dosé en même temps que l'acide nitrique, à cause de sa proportion excessivement faible dans l'atmosphère et les eaux pluviales.

Cependant, si l'on veut se rendre compte de sa présence, on prépare une solution de 5 grammes de métaphénylène diamine dans un litre d'eau, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique pur.

Si on additionne de ce réactif une eau contenant une trace de nitrite, il se forme une coloration rouge très nette. On peut, en comparant la teinte obtenue à celle que produit une quantité déterminée de nitrite, arriver à doser la quantité de ce sel dans les eaux météoriques.

La solution de métaphénylène diamine présente l'inconvénient de ne pas se conserver incolore. Aussi, MM. Barbet et Jandrier proposent de lui substituer l'emploi de la résorcine en opérant de la façon suivante :

Dans un tube à essai, on verse 2 centimètres cubes de l'eau à essayer, dans laquelle on dissout 0^{gr},1 de résorcine, puis on fait couler le long des parois du tube 1 centimètre cube d'acide sulfurique pur et concentré. On voit alors se développer au plan de séparation des deux liquides, une coloration rouge, qui augmente peu à peu d'intensité ; on agite ensuite lentement et, au bout d'une heure, on peut comparer la teinte obtenue avec celles que donnent dans les mêmes conditions, des solutions de nitrite connues. On peut encore établir une gamme de teintes au moyen de chlorure de cobalt.

Ce procédé donne encore une teinte rose très nette avec des eaux renfermant $\frac{1}{1\ 000\ 000}$ de nitrite de sodium, si l'on a soin de prolonger le contact pendant plusieurs heures.

CHAPITRE XII

INFLUENCE DU SOL SUR LES ÉLÉMENTS ATMOSPHÉRIQUES

62. — Le sol qui est le siège de nombreuses fermentations et de réactions chimiques multiples, renferme des gaz et des vapeurs. Il est assez naturel de penser tout d'abord que, les échangeant avec l'atmosphère, il peut être parfois une cause d'insalubrité pour les populations. Ainsi, on croit généralement que le voisinage des cimetières est malsain à cause des gaz méphitiques qui peuvent se répandre dans l'air et des odeurs nauséabondes qu'engendre la putréfaction.

Ces croyances sont erronées, car le sol ne livre pas ses gaz à l'atmosphère aussi facilement qu'on pourrait le penser

Si le laboureur retourne souvent la terre de laquelle il espère de belles récoltes, ce n'est pas seulement pour y semer plus facilement le grain, mais c'est surtout pour aérer cette terre, la

rendre poreuse et perméable aux gaz, et pour lui laisser toute facilité d'absorber l'oxygène qui est nécessaire à la formation des nitrates, dont les plantes ont besoin pour prospérer.

Si un sol est tassé, s'il est battu longtemps par les pluies, il devient presque imperméable et les gaz qui s'y trouvent y restent en majeure partie. C'est le cas des routes, des villes, des cimetières, des terrains incultes, etc. Dans ces divers sols, l'échange des gaz avec l'atmosphère ne se fait pas constamment car ils ne présentent pas la même composition qu'elle.

M. Louis Mangin, dans un très intéressant travail ⁽¹⁾ a montré qu'en certains points de Paris où le sol est formé de remblais, l'aération est comparable à celle des sols ameublis : la quantité d'acide carbonique varie alors de 0 à 2 % et l'oxygène de 18 à 20 %. Dans d'autres régions, par contre, l'aération est nulle et l'acide carbonique est en proportion considérable (13 %), tandis que la quantité d'oxygène est 0.

La plupart des auteurs qui ont étudié l'aération du sol ont admis que la quantité totale d'oxygène et d'acide carbonique est constante et égale à 21 % ; en d'autres termes, que l'oxygène disparu est égal à l'acide carbonique formé.

(1) LOUIS MANGIN. — *Études sur la végétation*. — Berger-Levrault et C^{ie}, Paris, 1896.

M. Mangin a démontré très nettement qu'il n'en était pas ainsi généralement et cela pour plusieurs causes. D'abord, d'après les travaux de MM. Dehérain et Vesque (1), la respiration des racines produit un volume d'acide carbonique inférieur à celui de l'oxygène absorbé. De plus, certains organismes absorbent de l'oxygène, sans pour cela donner d'acide carbonique. Ces causes concourent donc à diminuer la somme totale des deux gaz et en effet, dans Paris, elle atteint seulement 19, 18 et même parfois 10 0/0.

Cependant, elle peut être, dans certains cas, supérieure à 21 0/0, si par exemple le sol est très mal aéré et qu'il s'y développe des microbes anaérobies, dégageant de l'acide carbonique sans absorption consécutive d'oxygène. La terre est alors le siège de fermentations très actives.

On voit donc nettement par ce qui précède, que les sols qui ne sont pas ameublés possèdent une atmosphère qui ne se diffuse que très incomplètement dans la nôtre, et que, par suite, leur influence au point de vue de l'hygiène peut être considérée comme nulle, car il n'y a guère que leur couche superficielle qui puisse agir puisque plus on va profondément dans le sol et plus les échanges gazeux sont faibles.

(1) DEHÉRAIN et VESQUE. — *Annales soc. nat. bot.* 6^e série. t. III, p. 327.

Par contre, si l'on vient à retourner des terrains qui sont restés de longues années dans le même état, il peut s'en dégager, sinon des miasmes dangereux, du moins des odeurs nauséabondes, surtout s'ils contiennent des matières organiques en voie de putréfaction.

Ces matières, détritiques animales ou végétales de toutes sortes, exigent, suivant les terrains, des temps très variables et quelquefois fort longs pour se décomposer, mais si on les abandonne indéfiniment dans le sol, il les transformera lentement et intégralement en éléments utiles, puis les rendra à la lumière et à la vie, sous les aspects riants et gracieux de la verdure et des fleurs.

BIBLIOGRAPHIE

ÉTUDE PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

Annuaire des longitudes, 1895.

ALBERT-LÉVY. — *Histoire de l'air*, Paris.

C. FLAMMARION. — *L'atmosphère*, Paris.

ÉTUDE CHIMIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

CHAP. I. COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE

LAVOISIER. — *Oeuvres*, t. I.

WURTZ. — *Discours préliminaire du Dictionnaire de chimie*.

ALBERT-LÉVY. — *Histoire de l'air*.

ÉLÉMENTS FIXES

CHAP. II. OXYGÈNE

DUMAR et BOUSSINGAULT. — *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. III, p. 257.

A. LEDUC. — *Comptes-Rendus*, novembre 1896.

T. L. PHIPSON. — *Comptes-Rendus*, t. CXXVI, 1893 et CXXI, 1895.

REGNAULT. — *Annales de chimie et de physique*, 1853.

CHAP. III. AZOTE

- BERTHELOT. — *Annales de chimie et de physique*, t. X. 1877.
- DEHÉRAIN et MAQUENNE. — *Comptes-Rendus*, 1882.
- TH. SCHLÖESING fils et E. LAURENT. — *Comptes-Rendus*, 2^e semestre, 1890.

CHAP. IV. ARGON

- BERTHELOT. — *Nouvelles recherches de M. Ramsay sur l'argon et sur l'hélium*. *Comptes-Rendus*, t. CXX.
- BOUGHARD. — *Sur la présence de l'argon et l'hélium dans certaines eaux minérales*. *Comptes-Rendus*, t. CXXI.
- CLAUSIUS LIMB. — *Comptes-Rendus*, t. CXXI.
- CLÈVE. — *Sur la densité de l'hélium*.
— *Sur la présence de l'hélium dans la clévéite*. *Comptes-Rendus*, t. CXX.
- W. CROOKES. — *Les spectres de l'argon*. *Revue générale des Sciences*, t. VI, 1895.
- DESLANDRES. — *Comptes-Rendus*, t. CXXI.
- GUNTZ. — *Comptes-Rendus*, t. CXX.
- MOISSAN. — *Comptes-Rendus*, t. CXX.]
- K. OLSZEWSKI. — *Liquéfaction et solidification de l'argon*. *Revue générale des Sciences*, t. VI, 1895.
- RAMSAY. — *Sur l'argon et l'hélium*. *Comptes-Rendus*, t. CXX.
- J. W. RAYLEIGH et W. RAMSAY. — *Découverte de l'argon*. *Revue générale des Sciences*, t. VI, 1895.
- TH. SCHLÖESING FILS. — *Sur le dosage de l'argon*, *Comptes-Rendus*, t. CXXI.

- TROOST et OUVRARD. — *Sur la combinaison du magnésium avec l'argon et avec l'hélium.*
 — *Sur l'origine de l'argon et de l'hélium dans les gaz dégagés par certaines eaux sulfureuses.* Comptes-Rendus, t. CXXI.

ÉLÉMENTS VARIABLES

CHAP. V. VAPEUR D'EAU

- Annuaire de l'Observatoire de Montsouris* 1888.
 Art. « Air » du *Dictionnaire de chimie de Würtz.*

CHAP. VI. ACIDE CARBONIQUE

- DE SAUSSURE. — *Annales de chimie et de physique*, 1830.
 C. FLAMMARION. — *L'atmosphère.* Paris.
 GUILLEMIN. — *Le monde physique.* Paris.
 HENRIET. — *Comptes-Rendus*, t. CXXIII, 1896.
 F. LE BLANC. — *Comptes-Rendus*, t. XIV, 1842.
 LEWY. — *Annales de chimie et de physique*, 1852.
 MÜNTZ et AUBIN. — *Annales de chimie et de physique*, 1882.
 E. RISLER. — *Comptes-Rendus*, 1882.
 GIORGIO ROSTER. — *L'acido carbonico dell'Aria e del Suolo di Firenze.* Firenze, 1889.
 SCHLÆSING. — *Comptes Rendus*, t. LXXIV et LXXV.
 ANGUS SMITH. — *Air and rain*, Londres, 1872.

CHAP. VII. OXYDE DE CARBONE

- BERTHELOT. — *Comptes-Rendus*, t. CXII.
 DITTE. — *Bulletin de la société chimique*, t. XIII.
 GRÉHANT. — *Les gaz du sang.* Encyclopédie des Aide-Mémoire.
 — *Comptes-Rendus*, t. LXX.

- C. de la HARPE et F. REVERDIN. — *Bulletin de la société chimique*. 3^e série, t. I.
 F. LE BLANC. — *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. V.

CHAP. VIII. AMMONIAQUE

- Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*. 1896.
 MÜNTZ et AUBIN. — *Comptes-Rendus*, 2^e semestre, 1882,
 SCHLÖESING. — *Comptes-Rendus*, juillet 1868, 1874,
 t. LXXX. 1875, 1876.

CHAP. IX. OZONE

- Annales de l'Observatoire de Montsouris*, 1877-1896.
 A. HOUZEAU. — *Nouvelle méthode pour reconnaître et doser l'ozone*, *Comptes-Rendus*, novembre 1857.
 E. PÉLIGOT. — *Annales du Conservatoire Impérial des Arts et Métiers*, 1866.
 G. SALET. — Art. « Ozone » du *Dictionnaire de Vürtz*.

CHAP. X. PROTOCARBURE D'HYDROGÈNE ET GAZ DIVERS

- N. GRÉHANT. — *Revue générale des Sciences*, 1892.
 H. LE CHATELIER. — *Annales des Mines*. 8^e série, t. XIX, 1891.

CHAP. XI. EAUX MÉTÉORIQUES, NEIGES, GIVRES
BROUILLARDS, ROSÉES.

- Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, 1896.
 CHABRIER. — *Annales de chimie et de physique*. 4^e série, t. XXIII.

MÜNTZ et AUBIN. — *Comptes-Rendus*, t. XCV, et XCVII.

MÜNTZ et MARGANO. — *Comptes-Rendus*, t. CVIII.

CHAP. XII. INFLUENCE DU SOL SUR LES ÉLÉMENTS
ATMOSPHÉRIQUES

DEHÉRAIN et VESQUE. — *Ann. soc. nat. bot.* 6^e série, t. III.

LOUIS MANGIN. — *Études sur la végétation*. Paris, 1896.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	5
ÉTUDE PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE.	7
Formation de l'atmosphère.	7
Pesanteur de l'air	8
Hauteur de l'atmosphère	10
Élasticité de l'air	11
Électricité.	14
Températures et pressions.	16
Lumière	19
ÉTUDE CHIMIQUE DE L'ATMOSPHÈRE	20
CHAPITRE PREMIER	
<i>Composition de l'atmosphère</i>	20
Historique.	20
Premières déterminations de l'oxygène et de l'azote	23
ÉLÉMENTS FIXES	26
CHAPITRE II	
<i>Oxygène</i>	26
Origines de l'oxygène.	26
Rôle de l'oxygène atmosphérique	27
Variations.	30
Dosage	33

CHAPITRE III

	Pages
<i>Azote</i>	39
Rôle de l'azote atmosphérique	39
Variations	42
Dosage	43

CHAPITRE IV

<i>Argon</i>	44
Découverte de l'argon	44
Préparation	45
Densité	47
Solubilité	47
Atomicité	47
Spectres de l'argon	49
Liquéfaction et solidification	49
Combinaisons chimiques de l'argon	50
Hélium	51
Dosage de l'argon	52

ÉLÉMENTS VARIABLES	57
------------------------------	----

CHAPITRE V

<i>Vapeur d'eau</i>	57
Présence et variations	57
Rôle de la vapeur d'eau	59
État hygrométrique de l'air	60

CHAPITRE VI

<i>Acide carbonique</i>	65
Origines de l'acide carbonique	65
Variations	68
Airs confinés	72
Dosage	75
Résultats	95

TABLE DES MATIÈRES

191

CHAPITRE VII

	Pages
<i>Oxyde de carbone</i>	107
Production de l'oxyde de carbone	107
Propriétés principales	108
Action physiologique.	109
Recherche de l'oxyde de carbone dans l'air.	111
Dosage	113

CHAPITRE VIII

<i>Ammoniaque</i>	116
Formation de l'ammoniaque atmosphérique.	116
Rôle de l'ammoniaque atmosphérique.	117
Dosage	118
Résultats	130

CHAPITRE IX

<i>Ozone</i>	134
Production et formation de l'ozone.	134
Constitution de l'ozone	137
Propriétés.	137
Ozone de l'air atmosphérique.	140
Dosage	141
Résultats	145

CHAPITRE X

<i>Protocarbure d'hydrogène et gaz divers</i>	152
Formène	152
Acide sulfureux.	156
Acide sulfurique	157
Hydrogène sulfuré.	157
Iode	158
Acide azoteux	158
Miasmes et odeurs	159

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE RATIONNELLE

PAR

PAUL APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT
SÉPARÉMENT :

- TOME I : Statique. Dynamique du point, avec 178 figures; 1893..... 16 fr.
TOME II : Dynamique des systèmes. Mécanique analytique, avec 99 figures;
1896..... 16 fr.
TOME III : Hydrostatique. Hydrodynamique..... (*Sous presse.*)

Ce *Traité* est le résumé des Leçons que l'Auteur fait depuis plusieurs années à la Faculté des Sciences de Paris sur le programme de la Licence. Comme la Mécanique était, jusqu'à présent, à peine enseignée dans les Lycées, on ne suppose chez le lecteur aucune connaissance de cette science et l'on commence par l'exposition des notions préliminaires indispensables, théorie des vecteurs, cinématique du point et du corps solide, principes de la Mécanique, travail des forces. Vient ensuite la Mécanique proprement dite, divisée en Statique et Dynamique.

Ce qui fait le caractère distinctif de cet Ouvrage et ce qui justifiera la publication d'une nouvelle Mécanique rationnelle après tant d'autres excellents *Traités*, c'est l'introduction de la Mécanique analytique dans les commencements mêmes du Cours. Au lieu de reléguer les méthodes de Lagrange à la fin et d'en faire une exposition entièrement séparée, l'Auteur a essayé de les introduire dans le courant de l'Ouvrage.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE GÉOMÉTRIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

LEÇONS

SUR LA THÉORIE GÉNÉRALE

DES SURFACES

ET LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

PAR

GASTON DARBOUX,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- I^{re} PARTIE : Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima ; 1887. . . 15 fr.
II^e PARTIE : Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles.
Des lignes tracées sur les surfaces ; 1889. 15 fr.
III^e PARTIE : Lignes géodésiques et courbure géodésique. — Paramètres différentiels.
— Déformation des surfaces ; 1894. 15 fr.
IV^e PARTIE : Déformation infiniment petite et représentation sphérique ; 1896. 15 fr.

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

LEÇONS

SUR LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DE L'ANALYSE

(ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES COURBES ET DES SURFACES),

Par Louis RAFFY,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

1 VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES ; 1897. 7 FR. 50 C.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS D'ASTRONOMIE

A L'USAGE

des Étudiants des Facultés des Sciences,

PAR

B. BAILLAUD,

Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Toulouse, Directeur de l'Observatoire.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : Quelques théories applicables à l'étude des Sciences expérimentales. — Probabilités : erreurs des observations. — Instruments d'Optique. — Instruments d'Astronomie. — Calculs numériques, interpolations, avec 58 figures; 1893. . . 8 fr.

II^e PARTIE : Astronomie sphérique. Mouvements dans le système solaire. Éléments géographiques. Éclipses. Astronomie moderne, avec 72 figures; 1896. . . . 15 fr.

Le Tome II vient de paraître.

Nous avons voulu réunir, en un Livre aussi concis qu'il nous serait possible de le faire, les notions les plus immédiatement indispensables à l'étudiant qui veut apprendre l'Astronomie. Ce n'est pas un Traité complet que nous avons voulu écrire. Tout en espérant que ce Livre pourrait être utile à d'autres, nous avons eu spécialement en vue les étudiants des Facultés des Sciences, en particulier les candidats à la Licence, examen dont il nous a toujours paru nécessaire d'élargir le programme d'Astronomie. Nous n'avons pas hésité à introduire, dans un Livre destiné surtout à cette catégorie d'étudiants, les problèmes relatifs aux déterminations d'orbites, les éléments de la Mécanique céleste, les propositions les plus simples de la haute Géodésie qui, à notre avis, rentrent dans ce fonds commun de connaissances auquel correspond la Licence et offrent aux étudiants d'admirables exemples de l'application des méthodes de l'Algèbre et de l'Analyse.

Bien que nous ayons voulu surtout écrire un Livre de Mathématiques et non une Astronomie descriptive, ni un Traité de Physique céleste, nous avons cru indispensable d'indiquer rapidement les problèmes et les méthodes de l'Astronomie moderne et quelques-uns des résultats obtenus. Nous leur avons consacré le dernier Chapitre de ce Volume. Quelques-unes des questions qui y sont traitées auraient eu leur place marquée dans le premier Volume; quelques-unes même, comme la Spectroscopie, y avaient été signalées. Nous avons cru bon de les rassembler à la fin de l'Ouvrage, comme en un Chapitre complémentaire, afin de faire profiter le lecteur des derniers progrès accomplis.

B. B.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

PAR

ÉMILE PICARD,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 1891..... 15 fr.

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Équations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... .. (En préparation.)

Le premier Volume commence par les parties les plus élémentaires du Calcul intégral et ne suppose chez le lecteur aucune autre connaissance que les éléments du Calcul différentiel, aujourd'hui classiques dans les Cours de Mathématiques spéciales. Dans la première Partie, l'Auteur expose les éléments du Calcul intégral, en insistant sur les notions d'intégrale curviligne et d'intégrale de surface, qui jouent un rôle si important en Physique mathématique. La seconde Partie traite d'abord de quelques applications de ces notions générales; au lieu de prendre des exemples sans intérêt, l'Auteur a préféré développer la théorie de l'équation de Laplace et les propriétés fondamentales du potentiel. On y trouvera ensuite l'étude de quelques développements en séries, particulièrement des séries trigonométriques. La troisième Partie est consacrée aux applications géométriques du Calcul infinitésimal.

Les Volumes suivants sont consacrés surtout à la théorie des équations différentielles à une ou plusieurs variables; mais elle est entièrement liée à plus d'une autre théorie qu'il est nécessaire d'approfondir. Pour ne citer qu'un exemple, l'étude préliminaire des fonctions algébriques est indispensable quand on veut s'occuper de certaines classes d'équations différentielles. L'Auteur ne se borne donc pas à l'étude des équations différentielles; ses recherches rayonnent autour de ces centres.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

PREMIERS PRINCIPES

D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par M. Paul JANET.

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris,
Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

2^e ÉDITION, REVUE ET CORRIGÉE.

Un volume in-8, avec 173 figures; 1896..... 6 fr.

COURS ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ

Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.
(Leçons professées à l'Institut industriel du Nord de la France).

Par M. Bernard BRUNHES,

Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 137 figures; 1895..... 5 fr.

MESURES ÉLECTRIQUES

LECONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES RADIATIONS NOUVELLES.

LES RAYONS X

ET LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES,

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME,

Docteur ès Sciences,

Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures.

DEUXIÈME ÉDITION.

UN VOLUME IN-8 DE VIII-150 PAGES, AVEC 22 FIGURES ET 8 PLANCHES;
1897..... 3 fr.

Les Rayons X sont toujours à l'ordre du jour et notre curiosité est loin d'être satisfaite à leur égard. La première édition de l'Ouvrage de *M. Ch.-Ed. Guillaume* a été épuisée en quelques jours. La deuxième, qui vient de paraître, sera bien accueillie des Physiciens et des Photographes. L'Auteur fait connaître en détail la genèse de cette merveilleuse découverte, ainsi que les résultats qu'on en a tirés. Il décrit minutieusement le manuel opératoire à employer pour obtenir des résultats satisfaisants. Cette brochure servira de guide aux opérateurs désireux d'arriver sans trop de tâtonnements à de bons résultats.

Le côté théorique de la question n'est point négligé, et *M. Ch.-Ed. Guillaume* a rappelé un grand nombre d'expériences antérieures, de « faits contingents » sans lesquels les nouveaux phénomènes resteraient isolés et incompréhensibles.

L'Ouvrage in-8°, de 150 pages, contient de nombreuses reproductions en photogravure de clichés originaux obtenus par MM. J. Chappuis, V. Chabaud, Londe, Imbert et Bertin-Sans, qui ont bien voulu les prêter à l'Auteur.

L'ensemble forme un Volume qui intéressera tous ceux qui aiment à se « rendre compte » de ce qui se passe autour des *Rayons X*.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

EXERCICES DE PHYSIQUE

ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ,**

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures; 1889..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE,

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille,

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES ET AU CERTIFICAT DES ÉTUDES
PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NATURELLES. (P. C. N.)

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 77 FIGURES; 1895. 5 FR.

Le succès de la première édition de cet Ouvrage, épuisé aujourd'hui et toujours demandé, a prouvé que sa rédaction convenait bien aux besoins des élèves : nous avons donc prié l'Auteur de donner une nouvelle édition de son Cours en conservant le mode d'exposition qu'il avait adopté, et qu'on avait tant apprécié. Le texte a été revu et soigneusement corrigé.

Mais les progrès de l'enseignement de la Physique ont été considérables en dix ans, et M. Witz nous a demandé d'enrichir son *Cours de Manipulations* d'un certain nombre d'exercices nouveaux : il fallait dès lors partager l'Ouvrage en deux Volumes. Le premier, plus élémentaire, est destiné aux candidats à certaines Ecoles et en particulier aux étudiants du Certificat des Etudes physiques, chimiques et naturelles ; le second répond plus spécialement aux exigences de l'Enseignement supérieur et est destiné aux candidats à la Licence et à l'Agrégation.

Le premier Volume a déjà reçu le meilleur accueil du public.

Le Cours supérieur paraîtra très prochainement.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES

ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,

Maitre de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,
Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,
Ancien Ingénieur de la Marine.

2 BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895..... 20 fr.

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Pas-sation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 231 figures; 1895..... 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, XXII-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,

Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,

Par **M. C. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894... 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 700 pages, avec 177 figures; 1894.... 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894... 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferrements des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894... 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. Al. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.)... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVÉE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LEGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.)..... 12 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU**,

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

2 VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4 doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvertures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOL. GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).... 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)..... 30 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **M. A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones.
Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides
polybasiques à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides.
Nitriles. Carbylamines. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métal-
liques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires.
Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **M. Georges LECHALAS,**

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes
d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages
et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics.
Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-
399 pages; 1893..... 10 fr.

**COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE
ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,**

Par **M. Maurice D'OCAGNE,**

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896
(E. T. P.)..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES,

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone..... 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents..... 4 fr.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE A LA MÉDECINE.

Par le Dr A. BURAIS.

In-4, avec figures et 6 planches, dont 1 en couleurs; 1896..... 4 fr.

CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURRÈGES, Praticien.

2^e édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896..... 2 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens.. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886..... 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888..... 16 fr.

Un supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.

Théorie et pratique; par M. A.-L. DONNADIEU, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Grand in-8, avec Atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie; 1892..... 9 fr.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble..... 60 fr.

DICTIONNAIRE PRATIQUE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

Contenant une *Étude méthodique des divers corps usités en Photographie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une description détaillée des *Manipulations photographiques*;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 8 fr.

LES POSITIFS SUR VERRE.

Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 4 fr. 50 c.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lumières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895..... 4 fr. 50 c.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par Ch. FÉRY et A. BURAI.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties: *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.
Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE MÉDICALE.

Applications aux Sciences médicales et physiologiques;

Par M. A. LONDE.

Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches; 1893..... 9 fr.

VIRAGES ET FIXAGES.

Traité historique, théorique et pratique;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 jésus; 1892..... 5 fr.

On vend séparément:

I^{re} PARTIE: Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.
II^e PARTIE: Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

SANS DÉVELOPPEMENTS MATHÉMATIQUES,

Par le D^r A. MIETHE.

Traduit de l'allemand par A. NOAILLON et V. HASSREIDTER.

Grand in-8, avec 72 figures et 2 Tableaux; 1896..... 3 fr. 50 c.

NOTES SUR LA PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE.

TEXTE ET ILLUSTRATIONS

Par M. C. PUYO.

Plaquette de grand luxe, in-4^e raisin, avec 11 héliogravures de DUJARDIN et 39 phototypogravures dans le texte; 1896..... 10 fr.

Il reste quelques exemplaires numérotés, sur japon, avec planches également sur japon..... 20 fr.

Une planche spécimen est envoyée *franco* sur demande.

LA LINOTYPE

ou Art de décorer photographiquement les étoffes pour faire des écrans, des éventails, des paravents, etc., menus photographiques;

Par M. L. TRANCHANT, rédacteur en chef de la *Photographie*.

In-18 jésus; 1896..... 1 fr. 25 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Obtention des petits clichés; avec 52 figures; 1891..... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement.
Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus; 1896..... 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches; 1895..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs;

Par M. LÉON VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs; 1897..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. Tours de main et formules diverses;

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques; 1893..... 6 fr. 50 c.

MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.

Par M. LÉON VIDAL,

In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un spectre en couleur; 1891..... 2 fr. 75 c.

NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.

Par M. G. VIEUILLE.

3^e édition, refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n° 34.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Décembre 1896)

VIENT DE PARAÎTRE

Traité des
Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,

Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin

de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,

Médecin des hôpitaux.

5 volumes grand in-8 en souscription 90 fr.

L'ouvrage dont nous commençons aujourd'hui la publication, et qui sera complet en 5 volumes in-8°, vient fort heureusement combler une lacune. Si les manuels de médecine infantile ne manquaient pas, on souffrait de l'absence d'une œuvre de longue haleine embrassant, dans son ensemble, toute la pédiatrie. Cette œuvre, MM. Grancher, Comby et Marfan ont voulu l'entreprendre, encouragés qu'ils étaient par les collaborations précieuses qui s'offraient à eux, tant de la France que de l'étranger.

Les directeurs de cette publication ont pensé qu'on leur saurait gré d'avoir réuni, dans le même ouvrage, toutes les branches de la pathologie infantile : médecine, chirurgie, spécialités ; d'autant plus qu'ils ont fait appel, pour la réalisation de ce plan nouveau, aux maîtres les plus renommés dans ces diverses branches de la pédiatrie. Le lecteur trouvera donc, dans cet ouvrage, des réponses à toutes les questions qui intéressent la pratique médico-chirurgicale des enfants.

Conçu dans cet esprit, exécuté avec une compétence dont le public médical sera juge, le nouveau *Traité des Maladies de l'Enfance* est appelé à rendre les plus grands services aux praticiens.

**(Voir ci-contre les conditions de publication et les divisions
de l'ouvrage.)**

Le Traité des Maladies de l'Enfance sera publié en cinq volumes qui paraîtront à des intervalles rapprochés. Chaque volume sera vendu séparément, et le prix en sera fixé selon l'étendue des matières.

Il est accepté des souscriptions au Traité des Maladies de l'Enfance à un prix à forfait quels que soient l'étendue et le prix de l'ouvrage complet. Ce prix est, quant à présent et jusqu'à la publication du tome II, fixé à 90 francs.

Les divisions de l'ouvrage ont été fixées comme suit :

TOME I (EN VENTE)

1 volume in-8° de xvi-816 pages. 48 fr.

Préface (GRANCHER). — *Physiologie et hygiène de l'enfance* (COMBY). — *Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. Table de posologie infantile* (MARFAN). — *Scarlatine* (MOIZARD). — *Rougeole* (COMBY). — *Rubéole* (BOULLOCHE). — *Variole* (COMBY). — *Vaccine et vaccination* (DAUCHEZ). — *Varicelle* (COMBY). — *Oreillons* (COMBY). — *Coqueluche* (COMBY). — *Fièvre typhoïde* (MARFAN). — *Fièvre éphémère* (COMBY). — *Fièvre ganglionnaire* (COMBY). — *Grippe* (GILLET). — *Suette miliaire* (HONTANG). — *Choléra asiatique* (DUFLOCC). — *Malaria* (CONCETTI). — *Fièvre jaune* (COMBY). — *Tétanos* (RENAULT). — *Rage* (GILLET). — *Erysipèle* (RÉNON). — *Infections septiques du fœtus, du nouveau-né et du nourrisson* (FISCHL). — *Rhumatisme articulaire et polyarthrites* (MARFAN). — *Diphthérie* (SEVESTRE et LOUIS MARTIN). — *Syphilis* (GASTOU). — *Tuberculose. Scrofule* (AVIRAGNET).

TOME II

MALADIES GÉNÉRALES DE LA NUTRITION : arthritisme, obésité, migraine, asthme, diabète, anémie, chlorose, leucémie, pseudo-leucémie, purpura, scorbut infantile, rachitisme, athrepsie. — MALADIES DU TUBE DIGESTIF.

TOME III

ABDOMEN ET ANNEXES : ombilic, hernies, foie, rate, reins et organes génitaux. — MALADIES DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE. — NEZ, LARYNX : thymus, glande thyroïde.

TOME IV

MALADIES DES BRONCHES, DU POUMON, DES PLÈVRES, DU MÉDIASTIN. — MALADIES DU SYSTÈME NERVEUX : méninges, cerveau, moelle, amyotrophies, névroses, paralysies, etc.

TOME V

APPAREIL LOCOMOTEUR : os, articulations, etc. — ORGANE DES SENS : yeux, oreilles. — MALADIES DE LA PEAU. — MALADIES DU FŒTUS.

Table des matières des cinq volumes.

VIENT DE PARAÎTRE

Manuel de Pathologie interne

Par **G. DIEULAFOY**

Professeur de clinique médicale de la Faculté de Médecine de Paris,
Médecin de l'Hôtel-Dieu, Membre de l'Académie de Médecine.

DIXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

4 volumes in-16 diantant, avec figures en noir et en couleurs,
cartonnés à l'anglaise, tranches rouges, 28 fr.

Par des additions et des refontes partielles, le Manuel de Pathologie interne publié d'abord en deux volumes, puis en trois, forme aujourd'hui quatre volumes. M. Dieulafoy a développé principalement, dans cette dixième édition, les chapitres consacrés à l'Appendicite, à la Diphtérie et à la Fièvre typhoïde. Pour la première fois le lecteur y trouvera quelques planches et figures en noir et en couleurs intercalées dans le texte et se rapportant aux sujets les plus nouveaux traités dans cette édition. Toutes ces figures ont été reproduites d'après les dessins du Dr Bonnier, qui avait déjà sur les mêmes sujets exécuté les schémas qui ont servi au cours du professeur Dieulafoy.

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons de Pathogénie appliquée

(CLINIQUE MÉDICALE, HOTEL-DIEU 1895-1896)

Par **A. CHARRIN**

Professeur agrégé, Médecin des hôpitaux,
Directeur-adjoint au Laboratoire de pathologie générale.

1 volume in-8 de XVI-397 pages 6 fr.

Chargé, pendant l'année 1895-1896, du service comme de l'enseignement de la clinique médicale, M. Charrin a pensé que le moment était venu d'associer étroitement aux anciennes méthodes, aux procédés d'exploration légués par la tradition, les ressources de la médecine expérimentale. Les acquisitions de l'heure présente ne concernent pas uniquement l'animal; si on s'efforce d'arracher à son organisme quelques-uns de ses secrets, c'est dans le but, tout au moins l'espoir, de pouvoir tôt ou tard les transporter au lit du malade, afin de faire bénéficier la pathologie humaine de ces découvertes. Dans les vingt leçons contenues dans cet ouvrage, l'auteur a fait de son mieux pour mener de front l'enseignement clinique, l'examen des malades et les recherches expérimentales, la pratique et la théorie.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

L'Hygiène du Goutteux

PAR

A. PROUST

Membre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu.

A. MATHIEU

Médecin des Hôpitaux
de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-340 pages). 4 fr.

La goutte n'est-elle pas, de toutes les maladies chroniques, une de celles dans lesquelles l'hygiène peut être appelée à jouer un rôle prépondérant? L'oubli des règles de la sobriété, le surmenage nerveux, l'hérédité en sont les principaux facteurs pathogéniques. N'est-il pas démontré qu'il appartient à l'hygiène plus qu'à la thérapeutique d'en enrayer l'action et d'en corriger les effets? — Obligés de se prononcer entre ces doctrines séculaires et des théories trop récentes pour que l'expérience ait pu justifier leurs prétentions révolutionnaires, les auteurs ont pris parti pour la tradition clinique; l'observation peut seule, en effet, donner une réelle sanction aux hypothèses pathogéniques et aux pratiques thérapeutiques qui en dérivent.

L'Hygiène des Asthmatiques

PAR

E. BRISSAUD

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-214 pages). 4 fr.

L'asthme vrai est une pure névrose, comme l'avait soutenu Avicenne, et il ne sera ici question que de celui-là, attendu que l'hygiène thérapeutique de l'asthme n'ayant d'unité qu'autant qu'elle vise une condition morbide définie, ses lois ne sont pas applicables aux pseudo-asthmes accidentels, syndromes variables et disparates. En résumé, l'hygiène des asthmatiques consiste surtout en une sorte de discipline fonctionnelle que chacun de nous peut et doit s'imposer; elle emprunte bien moins à la thérapeutique qu'à ce régime de vie ponctuel et mesuré qui assure le maximum de sécurité à un organisme en souffrance. Dans le programme qu'elle se propose, la part de collaboration du malade l'emporte sur celle du médecin.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène de l'Obèse

PAR

A. PROUSTMembre de l'Académie de Médecine,
Médecin de l'Hôtel-Dieu.**A. MATHIEU**Médecin
de l'hôpital Andral.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-344 pages). 4 fr.

Des diverses maladies de la nutrition, l'obésité est certainement celle dont le traitement est le plus directement du ressort de l'hygiène. La médication ne vient qu'en seconde ligne : il ne suffit pas du reste de devenir maigre plus ou moins rapidement, il faut ne pas engraisser de nouveau et c'est encore à l'hygiène qu'il faut faire appel pour conserver les résultats acquis. — Après des considérations sommaires de pathologie et une étude plus étendue de l'étiologie et de la pathogénie, les auteurs exposent dans tous leurs détails les plus importantes des méthodes hygiéniques conseillées pour le traitement de l'obésité; ils donnent le tableau complet des tentatives faites et des systèmes encore en présence actuellement. MM. Proust et Mathieu donnent ensuite le traitement hygiénique de l'obésité; contrairement à Pfeiffer, ils conseillent la méthode lente et progressive, appropriée à la taille, à l'âge, au tempérament et au sexe. Le volume se termine par un exposé du traitement médicamenteux et thermal de l'obésité, et étudie surtout la médecine thyroïdienne, la dernière venue et la plus intéressante.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène du Syphilitique

PAR

H. BOURGESAncien interne des hôpitaux et de la clinique dermatologique de la Faculté,
Préparateur du Laboratoire d'hygiène à la Faculté de Médecine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-294 pages). 4 fr.

L'hygiène considère à juste titre la syphilis comme un danger public contre lequel il faut toujours se tenir en garde, et elle s'efforce d'y parer par l'application d'importantes mesures de police sanitaire et de prophylaxie générale. Partant de cette idée que l'ignorance du danger syphilitique, des formes sous lesquelles il se présente et des moyens de l'éviter, est un des principaux facteurs de dissémination de la maladie, le professeur Proust a pensé qu'il y aurait quelque utilité à publier un livre dans lequel ces notions seraient mises à la portée de tous, dans un exposé simple et bref, dépourvu de termes techniques. — Ce traité est divisé en trois parties. Dans la première, sont examinées les conditions de propagation et les modes de transmission de la syphilis; la seconde est consacrée à la prophylaxie et à l'hygiène du syphilitique; enfin sont indiquées brièvement, dans la troisième, les mesures de police sanitaire qui sont actuellement opposées à l'envahissement de la syphilis.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

Hygiène

et

Thérapeutique thermales

PAR

G. DELFAU

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-456 pages). 4 fr.

Ce serait une conception bien étroite et bien incomplète de ne voir dans une cure thermale que l'action de l'eau minérale elle-même : le climat, l'altitude, l'exposition de la localité, l'abandon momentané des affaires, des plaisirs ordinaires, du régime habituel, la vie au grand air, l'exercice, sans parler des agents annexes du traitement proprement dit, tels sont les principaux éléments adjuvants dont on sait de plus en plus apprécier l'action puissante, profonde et durable. A elles seules, ces quelques considérations suffisent pour rappeler que la cure thermale ressortit à la fois à la thérapeutique proprement dite et à l'hygiène, et encore plus à cette dernière telle qu'on tend de plus en plus à l'envisager aujourd'hui.

Le volume de M. Delfau est un véritable dictionnaire des Eaux minérales connues : il contient en effet des renseignements sur 358 stations de France et de l'Etranger, et, pour chacune, il donne des indications sur les voies d'accès, la situation, l'aspect général, l'altitude, le climat, la saison, les ressources, les établissements thermaux, les sources, leur débit, leur température, leurs particularités physiques, leurs modes d'emploi, leurs applications thérapeutiques, leur analyse et leur composition chimique. Indispensable aux médecins, pharmaciens et chimistes, ce livre sera consulté avec fruit par toutes les personnes qui fréquentent les villes d'eaux.

VOLUMES A PARAÎTRE ULTÉRIEUREMENT :

L'Hygiène du Neurasthénique (P^r PROUST et D^r BALLET).

L'Hygiène des Dyspeptiques (D^r LINOSSIER).

L'Hygiène du Tuberculeux (D^r DAREMBERG).

L'Hygiène des Albuminuriques (D^r SPRINGER).

L'Hygiène du Diabétique (P^r PROUST et D^r MATHIEU).

Hygiène thérapeutique des maladies de la peau (D^r BROCCQ).

Précis d'Histologie

PAR

MATHIAS DUVALProfesseur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine de Paris.**OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE 408 FIGURES DANS LE TEXTE**

1 volume in-8 de xxxii-936 pages. 18 fr.

Il n'est personne, dans le public et le personnel de nos Facultés, qui ne connaisse le succès de l'enseignement du professeur Mathias Duval dans sa chaire d'histologie. Il a su faire aimer une science qui, bien que relativement récente, n'avait pas encore trouvé, auprès de la foule des étudiants, toute la faveur qu'elle mérite, comme étude fondamentale non seulement pour la médecine mais encore pour la biologie animale.

Depuis longtemps sollicité par ses élèves de leur donner en un volume la substance de ses cours, le Professeur s'est enfin décidé à publier ce *Précis d'Histologie*, qu'il a rédigé après avoir mûri son enseignement par de nombreuses conférences comme agrégé, puis par plus de dix ans de professorat dans la chaire magistrale qu'il occupe aujourd'hui.

On retrouve dans ce volume les qualités qui ont fait le succès de son enseignement : clarté et précision dans l'exposé des faits ; haute portée philosophique dans les vues générales ; soin extrême de suivre les progrès de la science, mais en n'acceptant les faits nouveaux qu'à la lumière d'une sévère critique. Ce volume arrive dans un bon moment, alors que les notions d'histologie, devenues si précises par les innombrables découvertes dues au perfectionnement de la technique, découvertes parmi lesquelles il faut citer en première ligne celle de Ranvier, ont pu être reliées entre elles et acquérir toute leur signification par les progrès de l'embryologie et de l'histogénèse.

Des nombreuses figures qui illustrent ce volume, les unes sont empruntées aux maîtres les plus autorisés, les autres, nouvelles, originales, sont pour la plupart des dessins schématiques reproduisant les dessins que M. Mathias Duval a composés pour son enseignement. L'auteur les a dessinés lui-même, et cela ne sera pas un des moindres mérites de cette œuvre magistrale.

Traité de Pathologie générale

PUBLIÉ PAR

Ch. BOUCHARD

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

CONDITIONS DE LA PUBLICATION :

Le Traité de Pathologie générale sera publié en 6 volumes grand in-8°. Chaque volume comprendra environ 900 pages, avec nombreuses figures dans le texte. Les tomes I et II sont en vente. Les autres volumes seront publiés successivement et à des intervalles rapprochés.

Prix de la Souscription, 1^{er} décembre 1896 102 fr.

DIVISIONS DU TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte. 18 fr.

- H. ROGER. — Introduction à l'étude de la pathologie générale.
- H. ROGER et P.-J. CADIOT. Pathol. comparée de l'homme et des animaux.
- P. VUILLEMIN. Considérations générales sur les maladies des végétaux.
- MATHIAS DUVAL. — Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.
- LE GENDRE. — L'hérédité et la pathologie générale.
- BOURCY. — Predisposition et immunité.
- MARFAN. — La fatigue et le surmenage.
- LEJARS. — Les Agents mécaniques.
- LE NOIR. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son.
- D'ARSONVAL. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante.
- LE NOIR. — Les Agents chimiques : les caustiques.
- H. ROGER. — Les intoxications.

DIVISIONS DU TOME II

1 vol. grand in-8° de 932 pages avec figures dans le texte. . . 18 fr.

- CHARRIN. — L'infection.
- GUIGNARD. — Notions générales de morphologie bactériologique.
- HUGOUNENQ. — Notions de chimie bactériologique.
- CHANTEMESSE. — Le sol, l'eau et l'air agents de transmission des maladies infectieuses.
- GABRIEL ROUX. — Les microbes pathogènes.
- LAVERAN. — Des maladies épidémiques.
- RUFFER. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes.
- R. BLANCHARD. — Les parasites.

Leçons de Thérapeutique

PAR LE

D^r Georges HAYEM

Membre de l'Académie de médecine,
Professeur à la Faculté de médecine de Paris

LES MÉDICATIONS : 4 volumes grand in-8° ainsi divisés :

1^{re} Série. — Les médications. — Médication désinfectante. — Médication sthénique. — Médication antipyrétique. — Médication antiphlogistique. 8 fr.

2^e Série. — De l'action médicamenteuse. — Médication antihydropique. — Médication hémostatique. — Médication reconstituante. — Médication de l'anémie. — Médication du diabète sucré. — Médication de l'obésité. — Médication de la douleur. . . . 8 fr.

3^e Série. — Médication de la douleur (suite). — Médication hypnotique. —

Médication stupéfiante. — Médication antispasmodique. — Médication excitatrice de la sensibilité. — Médication hypercinétique. — Médication de la kinésitaraxie cardiaque. — Médication de l'asystolie. — Médication de l'ataxie et de la neurasthénie cardiaque. 8 fr.

4^e Série. — Médication antidyspeptique. — Médication antidyspnéique. — Médication de la toux. — Médication expectorante. — Médication de l'albuminurie. — Médication de l'urémie. — Médication antisudorale. . . . 12 fr.

LES AGENTS PHYSIQUES ET NATURELS :

Agents thermiques. — Électricité. — Modifications de la pression atmosphérique. Climats et eaux minérales.

1 volume grand in-8° avec nombreuses figures et 1 carte des eaux minérales et stations climatiques. 12 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité élémentaire

de Clinique thérapeutique

Par le **D^r G. LYON**

Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE, AUGMENTÉE

1 volume in-8° de 1134 pages 15 fr.

Profitant du réel succès obtenu par cet ouvrage dont la première édition avait été épuisée en moins de deux années, l'auteur a refondu complètement certains chapitres de son livre (celui des dyspepsies chimiques par exemple) et l'a en outre augmenté d'un certain nombre de chapitres nouveaux, tels que ceux relatifs à la diphtérie, à l'entéralgie, à la péritonite tuberculeuse, à l'albuminurie, à l'actinomycose, aux empoisonnements, etc., etc. Les praticiens seront heureux de trouver dans cette seconde édition un important *appendice contenant la liste des médicaments les plus usuels avec l'indication de leur mode d'emploi et de leur dosage.*

Essai de

Paléontologie philosophique

Ouvrage faisant suite

aux « *Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques* »

PAR

ALBERT GAUDRY

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres
Professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle

1 volume in-8° avec 204 gravures dans le texte. 8 fr.

Nous n'avons pas à rappeler ici les beaux travaux de Paléontologie du professeur Albert Gaudry. Les *Enchaînements* ont marqué dans la science une date et contribué à donner aux travaux d'histoire naturelle une direction qui en a affirmé la portée philosophique.

L'ouvrage que nous annonçons aujourd'hui est le résumé de longues années de recherches. M. Gaudry y a tracé en quelques pages l'histoire de l'évolution de la formation des êtres : c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que celle d'un savant éminent. Le philosophe comme l'homme de science y trouvera matière à de précieux enseignements.

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'École libre de Hautes-Études
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

1 volume in-8° contenant 447 figures dans le texte
et une planche en couleurs. . . 12 fr.

Dans les derniers jours de 1895, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'École libre de Hautes-Études.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

VIENT DE PARAÎTRE**FASCICULE IV****VERS ET MOLLUSQUES**

1 volume grand in-8 de 792 pages, avec 566 figures. . 16 fr.

Un traité embrassant l'ensemble de la science zoologique faisait défaut en France. Grâce à M. Edmond Perrier, cette lacune regrettable est désormais comblée. Son traité de zoologie est bien, en effet, le livre convenant par excellence à qui veut acquérir des notions complètes et générales sur l'ensemble des êtres vivants dont il étudie non seulement le groupement, mais encore l'organisation et les fonctions. L'étude de la zoologie ne saurait se séparer de l'anatomie comparée, de la physiologie et de l'embryologie. M. Perrier, avec une science magistrale, a réussi à condenser dans son œuvre tous les éléments propres à faciliter les efforts des chercheurs, de jour en jour plus nombreux, que vient à passionner la science de la vie.

Le fascicule que vient de paraître, commence la deuxième partie de l'ouvrage qui sera complété par un cinquième fascicule (*Tuniciers, Vertébrés*). Il contient une table provisoire : le titre et la table complète de la deuxième partie seront donnés avec le fascicule V.

Ont déjà paru :

- FASCICULE I : **Zoologie générale**, 412 pages, 458 figures 12 fr.
 FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires**, 452 pages, 243 figures. 10 fr.
 FASCICULE III : **Arthropodes**, 480 pages, 278 figures 8 fr.

Ces trois fascicules réunis forment la première partie.
 1 volume in-8 de 1344 pages, avec 980 figures. 30 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Commerce et de Comptabilité

Par **Gabriel FAURE**

Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales et à l'École commerciale,
Expert-comptable au Tribunal de la Seine.

1 volume petit in-8 de 460 pages, cartonné à l'anglaise. 4 fr.

Exposer avec méthode les questions qui forment la base de tout enseignement commercial, tel est le but de l'auteur. Ce volume renferme le développement complet du programme, suivi à l'École des Hautes-Études commerciales en première année. La méthode de M. Faure consiste à faire appel au jugement des élèves plus encore qu'à leur mémoire. Il a cherché à éviter le double écueil d'égarer le débutant dans une foule de détails et de cas particuliers et de laisser subsister dans l'étude des principes généraux une obscurité qui rebute le lecteur. Ce livre est divisé en trois parties : 1^o les principales opérations commerciales ; 2^o les calculs auxquels ces opérations donnent lieu ; 3^o la science qui nous enseigne à les enregistrer. Ce résumé substantiel, présentant l'ensemble des progrès accomplis à l'heure actuelle, s'adresse aussi bien à la jeunesse des écoles spéciales qu'aux personnes désireuses d'acquérir les notions les plus essentielles sur le commerce et la comptabilité.

VIENT DE PARAÎTRE

Cours d'Algèbre

à l'usage des classes
de mathématiques élémentaires,
de l'enseignement secondaire
moderne,

des candidats à l'École de Saint-Cyr et au professorat des Écoles normales,

Par **Henri NEVEU**

Agrégé de l'Université, Professeur de mathématiques à l'École Lavoisier.

DEUXIÈME ÉDITION CONFORME AUX DERNIERS PROGRAMMES

1 volume in-8 avec figures dans le texte. 8 fr.

Ce cours d'algèbre est le même que l'auteur professe dans ses classes d'élémentaires ; M. Neveu s'est efforcé de suivre un ordre méthodique et a cherché, en débarrassant certaines questions de ce qu'elles ont d'aride, à mettre le plus de clarté possible dans les démonstrations, tout en maintenant leur rigueur mathématique. Les élèves trouveront à la suite de toutes les théories de nombreux exercices résolus, corrigeant ainsi leur sécheresse et les mettant à même de résoudre toutes les questions qui peuvent leur être proposées aux examens. La deuxième édition que nous publions aujourd'hui est conforme aux nouveaux programmes. La théorie des nombres négatifs est traitée dès le début du cours, et les premiers chapitres ont été modifiés dans ce sens. Les candidats à l'École de Saint-Cyr trouveront dans les leçons complémentaires les questions relatives aux dérivées qui, depuis la première édition, ont été ajoutées aux programmes.

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

DERNIERS VOLUMES PARUS :

- Histoire de la compensation en droit Romain**, par C. APPLETON, professeur à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- Sur la représentation des courbes algébriques**, par LÉON AUTONNE, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8°. 3 fr.
- La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols, de 1630 à 1650**, par A. WADDINGTON, professeur adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-1642). 1 vol. in-8°. 6 fr.
- Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend**, par PAUL REGNAUD, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8°. 5 fr.
- Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène**, par ÉTIENNE BARRAL, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de Lyon, pharmacien de 1^{re} classe. 1 vol. in-8°. 5 fr.
- Saint Ambroise et la morale chrétienne au IV^e siècle**, par RAYMOND THAMIN, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- Étude sur le Bilharzia hæmatobia et la Bilharziose**, par M. LORTET, doyen de la Faculté de médecine de Lyon, et VIALLETON, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-8° avec planches et figures dans le texte. 10 fr.
- La Jeunesse de William Wordsworth (1770-1798). Étude sur le « Prélude »**, par EMILE LEGOUIS, maître de conférences à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- La Botanique à Lyon avant la Révolution et l'histoire du Jardin botanique municipal de cette ville**, par M. GÉRARD, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures dans le texte. 3 fr. 50
- L'Évolution d'un Mythe. Açvins et Dioscures**, par CH. RENEL, docteur ès lettres.
- Physiologie comparée de la Marmotte**, par RAPHAËL DUBOIS, professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec 119 figures dans le texte et 125 planches hors texte. 15 fr.
- Résultats scientifiques de la campagne du Caudan dans le golfe de Gascogne (août-septembre 1895)**, par R. KÖHLER, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Lyon. Fascicule I et II, in-8° avec planches; chaque fascicule. 6 fr.
- Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale**, par H. DOUXAMI, docteur ès sciences, agrégé de l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures. 6 fr.
- Recherches physiologiques sur l'appareil respiratoire des oiseaux**, par J.-M. SOUM, docteur ès sciences naturelles. 1 vol. in-8° avec 40 figures dans le texte. 3 fr. 50

VIENT DE PARAÎTREChimiedes Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ
 Chef des travaux
 à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY
 Chimiste-Coloriste

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — La Chimie des Matières colorantes artificielles est publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr., payables en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.

Premier fascicule. — *Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques* (1^{re} partie), 152 pages. 6 fr.

Deuxième fascicule. — *Matières colorantes azoïques* (2^e partie). *Matières colorantes hydrazoniques. Matières colorantes nitrosées et quinomes oximes. Oxiquinomes* (couleurs dérivées de l'anthracène). Pages 153 à 336. 6 fr.

Troisième fascicule. — *Matières colorantes dérivées du Di et du Triphénylméthane.* a) *Dérivés du Diphénylméthane.* b) *Dérivés de la Rosaniline.* c) *Dérivés de l'Acide Rosolique.* d) *Rosamines et Benzotènes.* e) *Phtaléines*, pages 336 à 472 6 fr.

Traité

des

Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, *tous fabriqués spécialement pour l'ouvrage*, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

IENT DE PARAITRE

PASTEUR

Histoire d'un Esprit

Par **E. DUCLAUX**

Membre de l'Institut de France, Professeur à la Sorbonne,
Directeur de l'Institut Pasteur.

1 volume in-8 de 400 pages avec 22 figures 5 fr.

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DE L'AUTEUR

... C'est moins pour faire un panégyrique que pour en tirer un enseignement que j'ai essayé d'écrire son histoire, dans laquelle je laisse de côté tout ce qui est relatif à l'homme pour ne parler que du savant. J'ai voulu, dans l'ensemble comme dans le détail, faire la genèse de ses découvertes, estimant qu'il n'avait rien à perdre de cette analyse, et que nous avons beaucoup à gagner.

IENT DE PARAITRE

Loi des Équivalents

et Théorie nouvelle de la Chimie

Par **Gustave MARQFOY**

1 volume in-8 de xxxii-712 pages.. . . . 7 fr. 50

En considérant les divers éléments du monde physique, l'auteur a été naturellement amené à étudier la matière. Comme synthèse de cette étude, il a acquis la conviction que la matière est une. En faisant, dès lors, sur la loi de la formation des corps, la seule hypothèse qui lui ait paru simple et rationnelle, il a découvert la loi naturelle qui enchaîne les équivalents de la chimie dans une formule arithmétique. Après avoir exposé la loi suivant laquelle tous les corps ont été formés, M. Marqfoy établit la théorie constitutive des corps, basée sur l'hypothèse que la matière est une. La concordance des formules et des lois trouvées par cette théorie avec les expériences de la physique et de la chimie confirment la vérité de l'hypothèse.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 9091.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- PICOU. — Distribution de l'électricité.
A. GOUILLY. — Air comprimé ou rarefié.
— Géométrie descriptive (3 vol.).
D. WELSHAUVERS-BERY. — I. Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur. — II. Étude expérimentale dynamique de la machine à vapeur.
A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Débite variable de la vapeur. — Épure de régulation.
M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
ALHELLIG. — I. Travail des bois. — II. Corderie. — III. Construction et résistance des machines à vapeur.
AIMÉ WITZ. — I. Thermodynamique. — II. Les moteurs thermiques.
LINDET. — La bière.
TH. SCHLÖSING fils. — Chimie agricole.
SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.
LE CHATELIER. — Le grisou.
DUDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
CRONEAU. — I. Canon, torpilles et cuirasse. — II. Construction du navire.
H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
LECOMTE. — Les textiles végétaux.
DE LACNAV. — I. Les gîtes métallifères. — II. Production métallifère.
BERTIN. — État de la marine de guerre.
FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
BERTHELOT. — Calorimétrie chimique.
DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
GUILLAUME. — Unités et étalons.
WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
MÉNEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.). — Électricité appliquée à la marine. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
HÉBERT. — Boissons falsifiées.
NAUDIN. — Fabrication des vernis.
SINIGALLA. — Accidents de chaudères.
GURNEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
MEYER (ÉRESTE). — L'utilité publique et la propriété privée.
WALLON. — Objectifs photographiques.

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.
AUVARD. — I. Séméiologie générale. — II. Menstruation et fécondation.
G. WEISS. — Électrophysiologie.
BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).
TROSSÉAU. — Hygiène de l'œil.
FÈRE. — Épilepsie.
LAYERAN. — Paludisme.
POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.
BERGONIE. — Physiologie du physiologiste et de l'étudiant en médecine.
MÉGNIN. — I. Les acariens parasites. — II. La faune des cadavres.
DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
CUÉNOT. — I. Les moyens de défense dans la série animale. — II. L'influence du milieu sur les animaux.
A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
CHARRIN. — I. Les poisons de l'urine. — II. Poisons du tube digestif. — III. Poisons des tissus.
ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
BROcq et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. — I. Pathologie générale cutanée. — II. Maladies en particulier. — III. Dermatoses microbiques et néoplasies. — IV. Dermatoses inflammatoires. — V. Dermato-neuroses et Formulaire.
HANOT. — De l'endocardite aiguë.
WEILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
LANGLOIS. — Le lait.
DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).
BROCA. — Le traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses des membres chez l'enfant.
DE CAZAL ET CATRIN. — Médecine légale militaire.
LAFERSONNE (DE). — Maladies des paupiers et des membranes externes de l'œil.
KÖHLER. — Applications de la photographie aux Sciences naturelles.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- BLOCH. — Eau sous pression.
 DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
 PRUD'HOMME. — Teinture et impressions.
 SOBEL. — I. La rectification de l'alcool. — II. La distillation.
 AIMÉ WITZ. — Les moteurs thermiques.
 DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
 HENNEBERT (C^t). — I. La fortification. — II. Les torpilles sèches. — III. Bouches à feu. — IV. Attaque des places. — V. Travaux de campagne. — VI. Communications militaires.
 CASPARI. — Chronomètres de marine.
 LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
 DUBREBOIT et CRONAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
 C. BOURELET. — Bicycles et bicyclettes.
 H. LÉAUTÉ et A. BERARD. — Transmissions par câbles métalliques.
 DE LA BAUME PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
 HATT. — Les marées.
 H. LAURENT. — I. Théorie des jeux de hasard. — II. Assurances sur la vie.
 C^t VALLIER. — Balistique (2 vol.). — Pro ectiles. Fusées.
 LÉLOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
 DARIÉS. — Cubature des terrasses et mouvement des torres.
 SIDERSKY. — Polarisation et saccharimétrie.
 NIFWENGLOWSKI. — Applications scientifiques de la photographie.
 ROCQUES (X.). — Analyse des alcools et eaux-de-vie.
 MOESSARD. — Topographie.
 BOURSALUT. — Calcul du temps de pose en photographie.
 SEGUELA. — Les tramways.
 LEFFÈRE (J.). — I. La Spectroscopie. — II. La Spectrométrie. — III. Éclairage électrique. — IV. Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras.
 BARRILOT (E.). — Distillation des bois.
 MOISSAN et OUVRIER. — Le nickel.
 URBAJN. — Les succédanés du chiffon en papeterie.
 LOPPÉ. — Accumulateurs électriques.
 ARIÈS. — Chaleur et énergie.
 FABRY. — Piles électriques.

Section du Biologiste

- BEAUREGARD. — Le microscope.
 LESAGE. — Le choléra.
 LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
 CORNEVIN. — Production du lait.
 J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).
 CASTEX. — Hygiène de la voix parlée et chantée.
 MAGNAN ET SÉRIEUX. — La paralysie générale.
 MERKLEN. — Maladies du cœur.
 G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
 OLLIER. — I. La régénération des os et les résections sous-périosteales. — II. Résections des grandes articulations.
 LETULLE. — Pus et suppuration.
 CRITZMAN. — Le cancer.
 ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.
 SÉGLAS. — Le délire des négations.
 STANISLAS MEUNIER. — Les névroses.
 GRÉFANT. — Les gaz du sang.
 NOCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.
 MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
 BERTHAULT. — Les prairies (2 vol.).
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
 RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.
 THOULET. — Océanographie pratique.
 HOUDAILLE. — Météorologie agricole.
 VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.
 HENOCQUE. — Spectroscopie du sang.
 GALIPPE ET BARRE. — Le pain (2 v.).
 LE DANTEC. — La matière vivante.
 L'HÔTE. — Analyse des engrais.
 LARBALETRIÈRE. — Les tourteaux. — Résidus industriels employés comme engrais (2 vol.).
 LE DANTEC ET BERARD. — Les sporozoaires.
 DEMMLER. — Soins à donner aux malades.
 DAILEMAGNE. — Études sur la criminalité (3 vol.).
 BRAULT. — Des artérites.
 RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.
 EHLERS. — L'Ergotisme.
 BONNIER. — L'oreille (3 vol.).
 DESMOULINS. — Conservation des produits et denrées agricoles.
 LOVERDO. — Le ver à soie.
 DUBREUILH et BILLÉ. — Les parasites animaux de la peau humaine.
 KAYSER. — Les levures.