

NOTICE
SUR LA VIE ET L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

DE

PAUL LEBEAU

(1868 - 1959)

Membre de la section de chimie

déposée en la séance du 18 septembre 1961

PAR

M. GEORGES CHAMPETIER

Membre de l'Académie des sciences

Paul Lebeau naquit le 19 décembre 1868 à Boiscommun, calme petit bourg voisin de Beaune-le-Rolande, dans le Loiret. Son père était tailleur, et sans doute désirait-il que son fils lui succédât; mais, à l'École communale, l'instituteur avait remarqué la vivacité d'esprit et l'ardeur au travail du jeune Paul Lebeau. Il souhaitait le voir continuer ses études au-delà du modeste Certificat d'études primaires et il réussit à convaincre les parents de son élève d'envoyer leur

filis à Paris dans une École primaire supérieure. Paul Lebeau, avec l'appui du député de la circonscription, fut admis à l'École Jean-Baptiste Say où il s'affirma comme un excellent élève et obtint le Certificat d'Études primaires Supérieures.

Déjà, les Sciences expérimentales l'attiraient; plus particulièrement la Chimie, pour laquelle il avait une prédilection marquée. Il était heureux de pénétrer dans le petit local réservé au préparateur des cours de Sciences et il éprouvait le besoin confus de manipuler les tubes à essais, les flacons et les éprouvettes, aussi était-il toujours volontaire pour débarrasser la paillasse de la salle de classe, après les expériences, et pour aider à ranger le matériel et les produits. Ses camarades l'avaient surnommé « le chimiste », en se moquant un peu d'un zèle qui lui faisait perdre quelques précieux instants de récréation. Mais sa vocation s'affirmait. Quand un camarade lui signala l'existence de l'École de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, qui venait d'être créée à la suite d'une ardente campagne de Lauth, Paul Lebeau décida d'en préparer le concours et fit part de son intention au directeur de l'École J. B. Say.

L'École de Physique et de Chimie de la Ville de Paris n'avait pas encore de réputation établie et ne paraissait être alors qu'une École technique parmi tant d'autres. La démarche de Paul Lebeau ne fut pas accueillie avec beaucoup d'enthousiasme par son directeur. Il lui conseilla de préparer plutôt le concours d'entrée à l'École Polytechnique qui offrait, lui dit-il, plus de possibilités pour réussir une brillante carrière d'ingénieur. Paul Lebeau fut flatté de ce témoignage d'estime; mais, à la réflexion, il pensa que sa condition modeste s'accorderait mal avec le milieu polytechnicien plus aisé et qu'il ne trouverait pas dans cette école les moyens de satisfaire pleinement sa vocation naissante pour la Chimie. Il avait déjà la ténacité raisonnée et l'esprit volontaire qui devaient s'affirmer par la suite et que son entourage a bien connus. Il maintint son point de vue et décida d'être chimiste. L'expérience le tentait de plus en plus. Sur ses modestes économies, il acheta un matériel rudimentaire de chimie

avec lequel il effectuait dans sa chambre quelques manipulations, au désespoir de ses voisins incommodés par des fumées et des odeurs intempestives. Il n'est pas certain que leurs récriminations furent toujours bien accueillies.

En 1885, Paul Lebeau fut reçu au concours d'entrée à l'École de Physique et de Chimie de la Ville de Paris. Après les trois semestres réglementaires d'enseignement non spécialisé, il opta pour la carrière de chimiste pour laquelle sa prédilection n'avait fait que s'accroître. Les professeurs et chefs des travaux avaient d'ailleurs déjà remarqué son habileté manuelle et son sens de l'expérience chimique.

A la fin de ses études, en 1888, une place de préparateur se trouva vacante au Laboratoire de Chimie minérale dirigé par A. Étard. Les examens terminés, Paul Lebeau et trois de ses camarades posèrent leur candidature.

L'époque n'était pas celle des louanges prématurées, Étard l'engagea en le déclarant le moins mauvais des quatre. « *C'était un samedi de fin de juillet* », raconte Paul Lebeau « *Je demandai à Monsieur Étard quand je pourrais venir travailler. Il me répondit: dès demain, ou tout de suite si vous avez votre blouse. Je ne commençai que le lendemain, un dimanche, et il ne fut pas question de vacances cette année là* ».

Paul Lebeau resta préparateur chez Étard durant trois années, de 1888 à 1890. Il collabora aux travaux de ce maître, qui fut l'un des premiers adeptes en France de la théorie atomique et publia un excellent petit ouvrage dans l'Encyclopédie Léauté sur les « *Nouvelles théories chimiques* ». Étard était un parfait expérimentateur. Sous sa direction, Paul Lebeau fit de nombreuses et très exactes mesures de solubilité de sels et publia ses premières notes dans nos *Comptes-Rendus*, en 1890, sur le dosage du cuivre et des halogènes. Il devint un analyste confirmé, s'initiant à la séparation des terres rares, à l'analyse immédiate de nombreux extraits d'animaux et de végétaux, aux phénomènes de pyrogénéation et à quelques synthèses organiques.

« *Les longues journées, sans limites régulières* », dit encore Paul Lebeau « *à peine coupées par un déjeuner rapide à la cantine de l'École, me paraissaient toujours trop courtes. Je trouvais ma récompense dans la confiance et la sympathie que me manifestait mon Maître* ».

A. Étard appréciait son jeune collaborateur; mais les possibilités de situation qu'offrait l'École de Physique et de Chimie, alors en marge de l'Enseignement Supérieur, étaient peu nombreuses. Pour lui permettre de poursuivre une carrière dans la Recherche et dans l'Enseignement, il lui proposa d'entrer au Laboratoire de Toxicologie du Professeur Henri Moissan à l'École Supérieure de Pharmacie de Paris, qui devait devenir plus tard la Faculté de Pharmacie; Paul Lebeau se présenta à celui qui était déjà un grand maître de la chimie française.

Étard m'a beaucoup parlé de vous », lui dit Henri Moissan. « *Il pense que vous avez les aptitudes nécessaires pour entrer dans l'Enseignement supérieur et faire des travaux de laboratoire. Je vous accepte sur cette recommandation, comme préparateur; mais voyons d'abord ce que vous aurez à faire pour me donner satisfaction et assurer votre situation. Vous devrez vous consacrer à mes propres recherches, selon un horaire bien défini: 8 heures 30 à midi, 1 heure 30 à 7 heures. Le reste du temps sera entièrement à vous, y compris une partie des vacances... Vous aurez alors à préparer vos examens et vos thèses. Un concours d'agrégation a lieu en 1894; n'en parlons pas, il est trop proche; mais un autre, auquel vous devrez prendre part, et cela avec des chances de succès, se fera en 1899. En attendant vous passerez votre baccalauréat, votre licence, votre doctorat ès Sciences. Vous ferez votre pharmacie et préparerez le dit concours. Vous sentez-vous capable d'entreprendre et mener à bien une telle tâche?*

Paul Lebeau accepta sans hésiter, et le programme tracé fut rempli point par point. En 1892, il devint bachelier; en 1894, il obtint le grade de licencié ès Sciences Physiques, puis, en 1898, celui de Docteur ès Sciences Physiques. En 1899, il fut reçu Pharmacien de 1^{re} classe et au concours de l'agrégation. Dans le même

temps, pour compléter un traitement fort modeste, il occupa la chaire de Chimie appliquée à l'École spéciale d'architecture où il professa de 1892 à 1916.

Paul Lebeau réussit à mener à bonne fin toutes ces tâches au prix d'un labeur acharné. Au service, dans la journée, d'un Maître exigeant, il passait ses soirées, parfois une partie de ses nuits, ses dimanches, ses jours de fêtes, ses vacances à préparer ses examens et à effectuer les travaux de recherches personnels qui lui permettraient de soutenir une Thèse. Durant 17 années, sa fidélité à Henri Moissan ne s'est pas démentie. Il fut l'animateur de son laboratoire, chargé de toutes les expériences au four électrique; il dirigeait, en dehors de ses travaux personnels, une équipe de nombreux collaborateurs, rendait compte de leurs travaux, traçait leurs programmes d'expérience en y prenant souvent part directement, sans en tirer un profit personnel. Nommé en 1899, Professeur agrégé à l'École Supérieure de Pharmacie de Paris, il demeura dans le service d'Henri Moissan; il le suivit à la Faculté des Sciences lorsque ce savant fût nommé titulaire de la Chaire de Chimie générale et devint son directeur de Laboratoire à titre bénévole, de 1900 à 1907, en conservant son enseignement à l'École Supérieure de Pharmacie. De 1906 à 1908, il fut chargé d'un cours complémentaire de Chimie minérale à la Sorbonne et ce n'est qu'après la mort d'Henri Moissan, après avoir collaboré quelque temps avec Henry Le Chatelier, qu'il se fixa définitivement à l'École Supérieure de Pharmacie de Paris, en 1908. Il occupa d'abord la chaire de Toxicologie jusqu'en 1918, puis la Chaire de Pharmacie chimique qu'il détint jusqu'à sa retraite.

*
* *

L'œuvre de Paul Lebeau est une magnifique contribution à la Chimie minérale dans des domaines qui étaient demeurés inexplorés jusqu'à lui; mais elle s'étend aussi à la Chimie analytique et à la Chimie organique.

Les premières recherches personnelles de Paul Lebeau se rapportent au *glucinium*, élément dont les composés étaient alors mal connus et qui est maintenant appelé béryllium, par décision de l'Union Internationale de Chimie pure et appliquée malgré les protestations des chimistes français. Il n'est pas inutile de rappeler, à ce sujet, que l'oxyde de glucinium a été découvert, en 1798, par Vauquelin dans l'émeraude de Limoges. Il dénomma *glucine*, en raison de sa saveur sucrée, cet oxyde basique, confondu auparavant avec l'alumine. Bien que ce caractère, d'importance secondaire, ne soit pas spécifique de l'oxyde de glucinium et que l'émeraude soit aussi appelée béryl, il est très regrettable que le nom adopté officiellement pour l'élément, à la suite de travaux ultérieurs, prive injustement Vauquelin d'une antériorité qui n'est pas discutable. Par une prédestination curieuse, Paul Lebeau qui fut, avec Henri Moissan, l'un des successeurs de Vauquelin dans la section de Chimie de notre Compagnie, reprit l'étude du glucinium et de ses composés et en fit le sujet de sa thèse de Doctorat ès Sciences.

L'extraction de la glucine de l'émeraude, silicate double d'aluminium et de glucinium difficilement attaquant, était une opération pénible. Paul Lebeau la rendit aisée en effectuant l'attaque du minerai par le carbure de calcium au four électrique. Dans ces conditions, la silice se trouve réduite en silicium ou forme du carborundum. Le glucinium et l'aluminium donnent aussi des carbures, mais ceux-ci sont facilement attaqués par l'eau et se transforment ainsi en oxydes hydratés qui peuvent être séparés par action du carbonate d'ammonium. On ne peut concevoir un traitement plus simple de l'émeraude pour en extraire la glucine. Paul Lebeau réussit à obtenir cette base rigoureusement pure; il en détermina les propriétés physiques et chimiques. Disposant, en outre, d'un procédé simple pour préparer des quantités importantes d'oxyde, il lui fut possible d'obtenir de nombreux dérivés du glucinium. De l'oxyde, il passa au carbure, au borocarbure, aux dérivés halogénés; puis, pour clore ce très bel ensemble de recherches, il prépara, pour la première

fois, le glucinium métallique à l'état cristallisé, en électrolysant le fluorure double de glucinium et de potassium, alors que ses prédécesseurs ne l'avaient obtenu qu'à l'état pulvérulent. Il a complètement décrit le métal pur et ses alliages. La chimie du glucinium est redevable à Paul Lebeau d'apports qui comptent parmi les plus importants. Ils ont ouvert la voie, quelques décennies plus tard, aux très importantes applications de ce métal dans les alliages.

La maîtrise que Paul Lebeau avait acquise dans l'emploi du four électrique lui permit d'aborder un autre domaine de la Chimie minérale où ses contributions furent aussi essentielles : celui des *siliciures*. Il avait observé que le mélange cuivre-silicium en fusion est un excellent dissolvant des siliciures métalliques. Il suffit d'introduire un métal dans ce mélange fondu pour qu'il donne des siliciures. Leur isolement pose cependant des problèmes compliqués en raison des équilibres qui s'établissent entre les divers constituants. Paul Lebeau réussit à vaincre toutes ces difficultés en recourant à des procédés d'investigation d'ordre chimique, physique et métallographique. Il a caractérisé et isolé trois siliciures de fer qui jouent un rôle capital dans les produits industriels appelés ferrosiliciums. A cette occasion, il constata la présence constante d'arséniures et de phosphures de calcium dans les ferrosiliciums qui, sous l'action de l'eau, dégagent de l'hydrogène arsénié et de l'hydrogène phosphoré. Le premier de ces gaz, très toxique, était à l'origine d'accidents souvent mortels dans les magasins où se trouvaient entreposés des ferrosiliciums, ceux-ci subissant une décomposition lente par la vapeur d'eau atmosphérique. D'autres travaux se rapportent aux siliciures de cobalt, de manganèse, de chrome, de platine, de palladium, de magnésium. Pour ces derniers, Paul Lebeau eut l'originalité d'éliminer l'inévitable excès de magnésium en le transformant en organomagnésien, par action de l'iodure d'éthyle dans l'éther anhydre. C'est une application inattendue, et fort élégante, des composés de Grignard pour libérer les combinaisons du magnésium lorsqu'elles se forment dans un excès de métal. Elle a été utilisée ensuite par de nombreux chercheurs.

Paul Lebeau a décrit un grand nombre de siliciures métalliques qu'il a obtenus à l'état pur sous forme cristalline. Il a déterminé la limite de siliciuration du platine qui correspond à une combinaison atome à atome des deux éléments. L'étude du système silicium-palladium lui a permis d'observer un phénomène de recalescence qui détermine un dégagement de chaleur exceptionnellement élevé. La remontée de température atteint plusieurs centaines de degrés, alors qu'elle ne dépasse pas une cinquantaine de degrés, dans les aciers. À cette époque, où les conditions de l'Enseignement supérieur permettaient encore d'effectuer des expériences de cours, Paul Lebeau se servait de ce phénomène pour montrer à l'amphithéâtre le plus bel exemple connu de recalescence.

L'action de l'acide chlorhydrique sur les siliciures donne naissance à des hydrogènes siliciés gazeux. Paul Lebeau étudia plus particulièrement ceux qui se forment par action de cet acide sur le siliciure de magnésium et sépara, par distillation fractionnée de leur mélange liquéfié, un silico-éthane et un silico-éthylène de formules semblables à celles des composés carbonés correspondants. Il souligna ainsi certaines analogies du silicium et du carbone, éléments se situant dans la même colonne de la classification périodique de Mendeleef.

Dans un domaine voisin, celui des *arséniures*, des *antimoniures* et des *bismuthures alcalins et alcalinoterreux*, Paul Lebeau a apporté des connaissances essentielles. Avant ses recherches, ces composés étaient préparés par action directe des éléments composants; ils renfermaient toujours un excès de métal qui ne pouvait pas être éliminé par l'eau ou par l'alcool, et qui rendait impossible l'étude de leur composition et de leurs propriétés. Paul Lebeau eut l'idée ingénieuse d'utiliser l'ammoniac liquide pour dissoudre l'excès des métaux alcalins, en les transformant en métaux-ammonium. Il put ainsi isoler des combinaisons à l'état pur et les décrire sans ambiguïté. Pour préparer les arséniures et les antimoniures alcalino-terreux, il eut recours à la réduction, par le charbon au four électrique, des arséniates et des antimoniates. Ces travaux devenus classiques, ont ouvert.

un nouveau chapitre de la chimie minérale. Les arséniures alcalino-terreux peuvent être rangés à côté des azotures et des phosphures correspondants. Ils sont attaqués par l'eau, à la température ordinaire, en donnant un hydroxyde alcalino-terreux et de l'hydrogène arsénié. L'action de l'eau sur l'arséniure de calcium est demeurée un excellent procédé de préparation de ce gaz, homologue de l'ammoniac. Cet exposé ne donne qu'une idée très imparfaite des difficultés que rencontra Paul Lebeau dans cet ensemble de recherches. Le laboratoire d'Henri Moissan était une école exceptionnelle pour les expérimentateurs; sa réputation s'étendait largement au delà des frontières de notre pays. Formé à une telle école, Paul Lebeau acquit une maîtrise incomparable qui lui permit de vaincre tous les obstacles malgré l'absence des techniques physico-chimiques dont nous disposons maintenant. Il sut distinguer les espèces chimiques définies des cristaux mixtes, des solutions solides ou des eutectiques qui apparaissent inévitablement dans des préparations ayant un caractère métallurgique. Il fut aussi habile à utiliser les basses températures de l'ammoniac liquide que les températures très élevées du four électrique. Aussi devint-il le disciple préféré d'Henri Moissan et son chef de laboratoire chargé de diriger les travaux de nombreux chercheurs qu'attirait le rayonnement de son maître, parmi lesquels figuraient des chimistes qui ont acquis une grande renommée. Beaucoup doivent à Paul Lebeau leur formation et se considèrent comme ses élèves; les chimistes allemands Honigschmidt et Stock, notre regretté confrère Pierre Jolibois, notre ancien Président Louis Hackspill.

Henri Moissan avait naturellement demandé à Paul Lebeau de l'aider dans ses travaux sur le fluor, de 1900 à 1907. Dans ces recherches retentissantes, Paul Lebeau fut un collaborateur précieux et estimé, d'un dévouement absolu, remplissant tout naturellement, et avec une discrétion exemplaire, le rôle d'assistant qui avait motivé son admission au laboratoire. Son aide fut cependant si importante qu'Henri Moissan a tenu à l'associer à plusieurs de ses publications sur les *fluorures des métalloïdes*. Le nom de Paul Lebeau reste lié à

celui d'Henri Moissan dans les découvertes de l'hexafluorure de soufre, du fluorure de sulfuryle, du fluorure de thionyle, des fluorures de sélénium, du fluorure d'azotyle, composés où le fluor se comporte différemment des autres halogènes. Il prépara seul le fluorure de silicium dont il étudia les propriétés ainsi que celles du fluorure de brome. Il montra que l'action de l'eau sur ce dernier corps donne, outre de l'acide fluorhydrique et de l'acide hypobromeux, de l'acide bromique, ce qui n'était guère prévisible. Il étendit ses recherches aux combinaisons mal définies du chlore et du brome qui avaient été signalées par Balard et prouva que ces deux halogènes, qui sont isomorphes, forment seulement des cristaux mixtes.

Après la mort d'Henri Moissan, Paul Lebeau délaissa pendant près de vingt ans les recherches sur le fluor, mais s'il fut sollicité par d'autres travaux, il n'abandonna pas le désir de les reprendre; ce qu'il fit avec A. Damiens, en 1925. De nombreux chimistes, et Henri Moissan lui-même, avaient eu l'espoir de préparer une combinaison de l'oxygène et du fluor analogue à celles de l'oxygène et d'autres halogènes. Toutes les tentatives n'avaient conduit qu'à des échecs. Aussi était-il admis que cette combinaison n'était pas possible. Lebeau et Damiens réussirent cependant à isoler un *oxyde de fluor* à la suite de recherches qui méritent d'être décrites car elles sont un magnifique exemple d'habileté expérimentale et de qualités d'observation:

Paul Lebeau avait pressenti, il y a trente-cinq ans, l'importance industrielle que prendrait le fluor, mais les recherches étaient alors limitées par les difficultés de sa préparation. Moissan s'était servi, pour l'isoler, d'un appareil à électrolyse et d'électrodes en platine, ce qui ne permettait d'obtenir que de faibles quantités de ce gaz, avec un matériel fort coûteux. Diverses tentatives avaient bien été effectuées pour remplacer le platine des électrodes par du carbone, mais les résultats obtenus avaient été médiocres: le fluor se trouvait souillé d'impuretés fluocarbonées. Paul Lebeau, en collaboration avec A. Damiens, entreprit une étude systématique des conditions d'expériences qui le conduisit à une préparation pratique du fluor.

Il reconnut notamment que le dégagement de fluor sur l'anode de carbone donne du tétrafluorure de carbone, gaz dont les propriétés sont complètement différentes de celles qui lui avaient été attribuées auparavant par divers chercheurs et qui présente une inertie chimique exceptionnelle. A cette occasion, il prépara également un fluorochlorure de carbone. Il remarqua, en outre, que le gaz dégagé au début de l'électrolyse avait des propriétés particulières qui le distinguaient du fluor. Sa formation était liée à la présence d'une faible quantité d'eau dans l'électrolyte, eau qui disparaissait après un certain temps de passage du courant. Après avoir établi qu'il ne s'agissait pas d'ozone, Paul Lebeau pensa qu'il pouvait s'agir de l'oxyde de fluor tant cherché depuis un demi-siècle. Une étude approfondie de la réaction lui permit de reconnaître que le fluorure d'oxygène se forme effectivement par action du fluor sur la soude, mais il est mélangé à de fortes quantités d'oxygène. Par liquéfaction du mélange, puis distillation fractionnée, Paul Lebeau réussit à isoler le nouveau corps et à établir sa formule: F_2O . Ce fluorure d'oxygène est doué d'un exceptionnel pouvoir oxydant.

Après cette belle découverte, Paul Lebeau revint à la préparation électrolytique du fluor. L'emploi d'un électrolyte, fusible à 56° , formé de la combinaison de deux molécules d'acide fluorhydrique et d'une molécule de fluorure de potassium, lui permit d'utiliser une cuve à électrolyse en métal commun: cuivre, fer ou nickel, avec une anode de fer ou de nickel et une cathode de cuivre, sans qu'il y ait d'attaque notable à température inférieure à 100° . Paul Lebeau et A. Damiens conçurent ainsi un appareil à électrolyse en cuivre avec anode de nickel qui leur donna du fluor pur. Cet électrolyseur a été le prototype des appareils industriels qui sont actuellement en usage et qui permettent d'obtenir ce gaz presque aussi facilement que le chlore et d'en développer continuellement les emplois.

A partir de 1903, Paul Lebeau entreprit une série de travaux de nature différente. Les oxydes des métaux alcalins sont très difficiles à préparer. Il se proposa d'obtenir l'oxyde de lithium par dissociation

à haute température du carbonate de ce métal; mais les données sur la dissociation des carbonates alcalins étaient peu précises et très incomplètes. Il commença par étudier ce phénomène à l'aide d'un montage délicat permettant d'effectuer les mesures avec toute la précision désirable jusqu'à des températures de l'ordre de 1200°. De telles déterminations présentaient, à cette époque, des difficultés considérables que Paul Lebeau surmonta grâce à son habileté expérimentale. Il montra que déjà au-dessous de 800° tous les carbonates alcalins se dissocient dans le vide en donnant l'oxyde alcalin volatil et du gaz carbonique. Dans ces expériences, le lithium et le sodium se distinguent du potassium, du rubidium et du césium. Pour les carbonates des métaux du premier groupe, la facilité de dissociation décroît avec la masse atomique tandis qu'elle croît avec elle pour les carbonates des métaux du second groupe. Grâce aux travaux de Paul Lebeau, la dissociation des carbonates alcalins s'est révélée comme un phénomène général permettant de préparer d'une façon pratique les oxydes alcalins anhydres et d'en connaître les propriétés. Il isola notamment, par cette méthode, l'oxyde de lithium comme il l'avait espéré, et prépara des mélanges isomorphes de chaux et de lithine.

Dans les années qui précédèrent la première guerre mondiale, Paul Lebeau fit aussi une incursion dans le domaine des composés de l'*uranium*. Tous les chimistes qui s'étaient occupés de l'étude des dérivés de cet élément avaient eu à préparer du nitrate d'uranyle, sel très soluble dans l'éther, propriété qui facilite sa purification. Il était connu que le sel préparé à partir de ses solutions aqueuses est un hexahydrate; dissous dans l'éther, il se décompose en libérant de l'eau. Paul Lebeau établit que cette déshydratation n'est pas totale et laisse en solution un bihydrate $(\text{NO}_3)_2\text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dont les deux molécules d'eau ne peuvent pas être enlevées en milieu étheré par des déshydratants comme l'acide métaphosphorique fondu. La décomposition thermique du bihydrate libère de l'acide nitrique et donne, suivant les conditions de réaction, de l'oxyde uranique UO_3 anhydre ou

hydraté, et de l'oxyde vert U_3O_8 , plus ou moins mélangés. Il réussit à préparer l'oxyde uranique anhydre pur en chauffant dans un courant d'oxygène le produit de la calcination ménagée du nitrate d'uranyle. L'anhydride pur fixe l'eau à froid en formant l'acide uranique $UO_2(OH)_2$ dont il prépara également un monohydrate. Étendant ses recherches, il établit que trois oxydes anhydres d'uranium peuvent être considérés comme ayant une existence certaine, les oxydes uraneux UO_2 , uranique UO_3 , et urano-uranique U_3O_8 .

La grande stabilité du nitrate d'uranyle bihydraté et sa facilité de purification en font un produit de choix pour la détermination de la masse atomique de l'uranium. Paul Lebeau en profita pour vérifier la valeur de cette masse atomique par une série de mesures délicates.

Au cours de ses recherches sur l'uranium, grâce aux perfectionnements analytiques qu'il avait pu apporter, Paul Lebeau établit la véritable formule de carbure d'uranium C_2U , ce qui le rapproche des carbures des éléments des terres rares et du carbure de thorium. Comme ce dernier, il donne par action de l'eau un mélange d'hydrocarbures dont Paul Lebeau étudia la composition.

*
* *

Cet ensemble de très beaux travaux sur le *glucinium*, les *siliciures*, les *arséniures*, les *antimoniures*, les *bismuthures*, les *dérivés fluorés*, les *halogènes*, l'*uranium* ont attaché le nom de Paul Lebeau au développement de la *chimie minérale* au début du siècle. Par un autre groupe de recherches non moins importantes, Paul Lebeau a apporté des contributions en *chimie organique* qui le font apparaître comme un précurseur.

Par suite de l'insolubilité dans l'eau du plus grand nombre des composés du carbone, la chimie organique est dominée par des réactions de non-électrolytes. Paul Lebeau montra, l'un des premiers, qu'elle peut être aussi une chimie faisant intervenir des ions,

si les réactions sont effectuées dans un solvant ionisant tel que l'ammoniac liquide. Certains corps comme les dérivés halogénés, peuvent alors réagir à des températures aussi basses que -70° .

Paul Lebeau avait déjà eu recours à l'ammoniac liquide pour éliminer l'excès de métal alcalin mis en œuvre dans la préparation des arséniures et des antimoniures alcalins. La grande activité des solutions de ces métaux dans l'ammoniac liquide, solutions dont la constitution était fort discutée, avait déjà été utilisée, notamment par Moissan, pour préparer des composés minéraux. Paul Lebeau pensa utiliser ces métaux-ammoniums pour produire des réactions organiques à basse température, en évitant ainsi les phénomènes de condensation et les réactions secondaires qui se produisent à plus haute température. L'action du sodium métallique à chaud sur les halogénures d'alcoyles avait donné à Wurtz une méthode très générale de préparation des carbures d'hydrogène, par doublement du radical alcoyle. Le chlorure de méthyle sous l'action du sodium perd son chlore et donne de l'éthane, le chlorure d'éthyle du butane normal. Conformément aux prévisions de Paul Lebeau, la réaction avec le sodammonium est plus simple; le chlorure de méthyle fournit le méthane, et le chlorure d'éthyle, l'éthane. Ces réactions sont très régulières et très rapides, certaines sont instantanées, la solution de sodium dans l'ammoniac liquide, d'une belle couleur initiale bleue, subissant une brusque décoloration. Cette rapidité est l'un des caractères des réactions ioniques, mais il eut été risqué à l'époque de parler de réaction d'ions en chimie organique; cependant Paul Lebeau a fait une allusion indiscutable au pouvoir ionisant de l'ammoniac liquide. La réaction de formation de l'hydrocarbure s'accompagne d'ailleurs de la formation d'une amine primaire: méthylamine ou éthylamine suivant que le dérivé halogéné est le chlorure de méthyle ou le chlorure d'éthyle. Paul Lebeau attribua la formation de l'amine à la dissociation du sodammonium en hydrogène et en amidure de sodium. Mais la réaction bien connue de ce dernier sur les dérivés halogénés ne s'effectue directement qu'à des températures

de l'ordre de 40° et donne un mélange d'amines primaire, secondaire et tertiaire, alors qu'au sein de l'ammoniac liquide Paul Lebeau vérifia qu'elle est fortement exothermique, même à -40° , et ne fournit que l'amine primaire. Cette découverte est remarquable. Elle s'explique parfaitement maintenant par la dissociation ionique du dérivé halogéné et de l'amidure de sodium dans l'ammoniac liquide.

Paul Lebeau a tiré parti de ces réactions pour préparer à l'état pur les premiers termes de la série des hydrocarbures saturés dont il a révisé les constantes physiques. Poursuivant cette série d'études, en collaboration avec son élève M. Picon, Paul Lebeau a fait réagir le sodammonium dans l'ammoniac liquide sur les carbures d'hydrogène eux-mêmes. Il ne se produit aucune réaction avec les hydrocarbures saturés et éthyléniques, le benzène et ses homologues, les hydrocarbures terpéniques, tandis que les hydrocarbures polycycliques sont hydrogénés. La réaction avec les hydrocarbures acétyléniques est beaucoup plus intéressante. Henri Moissan avait obtenu par action du sodammonium sur l'acétylène un dérivé monosodé de cet hydrocarbure et de l'éthylène. Paul Lebeau étendit la réaction à d'autres hydrocarbures acétyléniques vrais préparés par action du dérivé monosodé de l'acétylène sur les halogénures d'alcoyles au sein de l'ammoniac liquide, notamment à l'allylène, à l'heptine, à l'octine et au phénylacétylène. Comme avec l'acétylène, la formation du dérivé sodé acétylénique est accompagnée d'une réaction d'hydrogénation; mais, avec le phénylacétylène, elle conduit directement à l'éthylbenzène sans s'arrêter au styrolène. Les dérivés sodés acétyléniques se sont révélés d'intéressants agents pour la synthèse de nombreux composés organiques. Ils ont permis d'obtenir des séries de corps organiques par des réactions dont l'application est générale.

*
* * *

Ces recherches sur les hydrocarbures s'étaient heurtées à de grandes difficultés d'ordre analytique. Paul Lebeau fut conduit à mettre

au point des méthodes précises d'analyse des mélanges gazeux, en collaboration avec son élève Damiens. Il imagina une méthode nouvelle, très élégante, pour la détermination précise de la composition qualitative et quantitative de mélanges d'hydrogène et de carbures d'hydrogène très complexes. A cette fin, il recourut à l'application des techniques du vide et du froid et imagina des réactifs absorbants nouveaux qui lui permirent de séparer les hydrocarbures éthyléniques et acétyléniques. Ainsi, l'acide sulfurique additionné d'acide vanadique ou uranique fixe immédiatement l'éthylène et ses homologues, tandis que la solution d'iodomercurate de potassium, absorbe les hydrocarbures acétyléniques sans toucher aux carbures éthyléniques. Les mélanges d'hydrogène et d'hydrocarbures saturés qui ont résisté à tous les absorbants sont ensuite liquéfiés et fractionnés par distillation. La chimie analytique des mélanges gazeux doit aussi à Paul Lebeau des perfectionnements très utiles pour les dosages de l'oxyde de carbone et de faibles quantités d'hydrogène et de gaz carbonique. Ces méthodes, qui sont aujourd'hui appliquées à des recherches industrielles du plus grand intérêt, lui permirent d'analyser les mélanges complexes d'hydrocarbures obtenus par action de l'eau sur divers carbures métalliques, tels que ceux d'uranium et de thorium.

Par leur emploi, Paul Lebeau put effectuer, pour la première fois, une analyse complète et rigoureuse du gaz d'éclairage, problème qui avait été abordé sans succès par des savants de haute réputation comme Bunsen, Berthelot et Sainte-Claire-Deville. Il détermina, par les mêmes procédés, la composition des gaz de fours à coke du Creusot, des gaz de mines de houille de Montceau-Les Mines, du grisou des mines de Gagnières (Gard), de gaz de marais, du gaz naturel de Pechelbronn, etc... Par la suite, Paul Lebeau continua de s'intéresser aux analyses de gaz. Son laboratoire de la Faculté de Pharmacie est demeuré l'un des plus renommés dans ce domaine où les techniques expérimentales exigent une habileté peu commune. Le Centre National de la Recherche Scientifique s'est fait un

devoir depuis quelques années de continuer à en assurer le fonctionnement avec la collaboration de M. Chaigneau, l'un des derniers et fidèles élèves de Paul Lebeau.

La grande maîtrise que Paul Lebeau avait acquise dans l'analyse des gaz le conduisit, à partir de 1903, à étudier les produits gazeux formés dans la *pyrogénéation des substances carbonisables*. Ce fut l'origine d'une nouvelle série de recherches dont les conclusions ont un grand intérêt scientifique et technique. Les réactions de pyrogénéation sont toujours difficiles à suivre par suite de la mauvaise conductibilité calorifique des substances carbonées et des difficultés analytiques. En réalisant des montages ingénieux, Paul Lebeau réussit cependant à représenter graphiquement l'allure des réactions de carbonisation à l'aide de courbes donnant le volume des gaz formés en fonction de la température. Il put ainsi suivre le fractionnement thermique des produits gazeux au cours de la pyrogénéation. Il étudia de la sorte les tourbes, les lignites, les houilles, les anthracites et bien d'autres combustibles. Les courbes présentent pour les différents gaz des maximums correspondant généralement à une même valeur de la température, ce qui permet de déterminer les conditions dans lesquelles le rendement en gaz est le meilleur. Cette méthode lui permit de distinguer non seulement la nature des combustibles, mais encore leurs variétés, ce qui intéresse à la fois les chimistes, les industriels et les géologues. Il différença ainsi les différents constituants : fusain, durain, clairain et vitrain, et proposa une classification des anthracites qu'il répartit en deux groupes : les peranthracites et les anthracites vrais, suivant le dégagement gazeux qu'ils donnent. Alliant les techniques micrographiques aux méthodes chimiques, Paul Lebeau a réalisé une étude très complète de la structure des anthracites et de leur degré de fossilisation.

D'autres travaux de Paul Lebeau se rapportent à la pyrogénéation des charbons bitumeux, à celle des bois et de leurs constituants : cellulose et lignine. Il a examiné encore, à la demande de l'Office National des Combustibles liquides, les combustibles pour gazogènes

pour moteurs dont il étudia le fractionnement thermique, la composition chimique, la combustibilité, l'inflammabilité, la porosité, la réactivité vis-à-vis du gaz carbonique. Une partie de ces recherches a été poursuivie avec succès dans ces dernières années par son élève M. Guérin, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Il convient encore de signaler des études effectuées avec la collaboration de M. Picon sur l'action de la chaleur et du vide sur les diverses variétés de carbone. Elles furent réalisées dans un four à vide, à des températures atteignant 2400°. Elles apportèrent de précieux renseignements sur la transformation du diamant en graphite.

*
* *

Avec le recul des années, l'œuvre de Paul Lebeau a acquis un relief exceptionnel par son importance, sa diversité et son étendue. Basée sur des techniques expérimentales d'une originalité et d'une précision analytique peu communes, elle est assurée de sa pérennité. Paul Lebeau a tracé des voies débouchant sur de vastes horizons en Chimie pure comme en Chimie industrielle. Il a été le digne continuateur d'Henri Moissan, mais en marquant chacune des nouvelles étapes qu'il a franchies de sa forte personnalité.

C'est sans aucun doute la Chimie des hautes températures qui eut pour lui le plus d'attrait car il était convaincu du renouveau qu'elle devait apporter à la Chimie minérale et au développement de ses applications. Il en est demeuré l'animateur incontesté dans notre pays jusqu'à ses derniers jours. Déjà, en 1921, il avait créé le Comité des Hautes Températures pour promouvoir les recherches chimiques et physiques dans ce domaine et il avait rédigé avec l'aide des membres de ce Comité un premier livre: «*Fours électriques et Chimie*», dont certains articles étaient à la pointe de l'actualité scientifique et technique. Dans le cadre du Centre National de la Recherche Scientifique, il étendit son action en faisant créer et en présidant la *Commission de Chimie des Hautes Températures et des Réfractaires*, au sein de laquelle se trouvent des spécialistes de disciplines

diverses, de l'Université et de l'Industrie. Sous sa direction, et avec l'aide de M. Félix Trombe, fut publié en 1950 un important ouvrage dont le succès a été considérable: «*Les hautes températures et leurs utilisations en Chimie*» auquel collaborèrent nos confrères: G. Chaudron, P. Chevenard, L. Hackspill, P. Jolibois, Al. Michel-Lévy, G. Ribaud, J. Wyart, et plusieurs de ses élèves.

Peu de livres ont été écrits avec autant de foi, car les auteurs ont tenu à ce que cet ouvrage soit un hommage au Maître qu'ils admiraient et affectionnaient. Paul Lebeau a gardé la présidence de la Commission des Hautes Températures jusqu'en 1956; il continua jusqu'à sa mort à s'intéresser à ses travaux, en dépit de l'âge et de la maladie qui l'écartaient du laboratoire, par l'intermédiaire de ses élèves et de ses amis qui venaient lui rendre visite dans sa retraite, à Massy, dans la banlieue parisienne.

Durant vingt années, Paul Lebeau fût le titulaire de la *Chaire de Pharmacie chimique de la Faculté de Pharmacie de Paris*. Les étudiants admiraient et respectaient le Professeur dont l'enseignement précis et ordonné, aux larges aperçus généraux, faisait aimer la chimie et suscitait des vocations. La matière de ses cours, fortement développée, a fait l'objet d'un «*Traité de Pharmacie chimique*» dont la première édition comptait deux volumes et fut rédigée, en 1930, avec la collaboration de son assistant M. G. Courtois, devenu depuis Professeur à la même Faculté. Cet ouvrage a rendu d'inappréciables services par son abondante documentation. Son succès en France et à l'Étranger a conduit à en faire quatre rééditions, continuellement accrues et mises à jour avec l'aide de MM. G. Courtois, Janot et Guérin. La dernière, en quatre volumes, date seulement de 1956; elle connaît le même chaleureux accueil que les précédentes.

*
* *

Paul Lebeau était aussi un ardent patriote et un homme d'action. Dès la mobilisation, lors de la première guerre mondiale, il se mit à

la disposition de la Défense nationale et contracta, en 1916, un engagement volontaire pour la durée de la guerre. Notre pays n'avait pas prévu la guerre des gaz et avait un retard important qu'il importait de combler très rapidement dans la fabrication des produits agressifs. Alors que l'on manquait de chlore et d'acide sulfurique, Paul Lebeau mit au point une préparation industrielle d'acide cyanhydrique qu'il réalisa dans une usine de Rouen. Plus tard, il fût chargé de l'étude de toutes les mesures défensives contre les gaz. Il constitua des groupes de chimistes chargés d'effectuer sur le front de multiples prélèvements et dirigea dans son laboratoire de la Faculté de Pharmacie des recherches sur les charbons absorbants pour masques protecteurs. Il réussit, en peu de temps, à préparer un charbon absorbant d'une activité supérieure à celle des charbons allemands et en installa la fabrication dans une usine de Montereau. Il s'occupa activement des études sur les viseurs anti-buée et sur l'imperméabilité des tissus aux gaz, et contribua à la réalisation du fameux masque ARS adopté par notre armée. Les chimistes mobilisés dans son laboratoire formaient une équipe d'une compétence inégalable dans les travaux sur la protection contre les gaz de guerre. Elle réussit rapidement à distancer les chimistes allemands et elle maintint cette avance durant toute la durée des hostilités. En épargnant la vie de nos soldats, Paul Lebeau a efficacement participé à la Victoire de 1918. Il avait été fait *Chevalier de la Légion d'Honneur* à titre militaire en 1917. Ses éminents services avaient été aussi reconnus par nos Alliés, il fut élevé en 1920 à la dignité de *Commandeur de l'Ordre de l'Empire Britannique*, de *l'Ordre de la Couronne de Belgique*, de *l'Ordre de la Couronne d'Italie* et promu *Officier de la Légion d'honneur* en 1921.

Paul Lebeau avait été nommé, dès 1915, *Membre de l'Inspection des Études et Expériences Chimiques de Guerre* et promu, en 1917, au grade de *Pharmacien-major de 1^{ère} classe*. Après la guerre, il demeura membre de la Commission qui remplaça l'Inspection. A la déclaration de guerre, en 1939, son laboratoire fût à nouveau mobilisé pour

entreprendre des études sur la protection contre les nouveaux gaz toxiques qui risquaient d'être employés par les Allemands. En quelques semaines, il mit au point une protection efficace contre l'hydrogène arsénié dont on craignait fort la menace. Il intervint aussi dans l'instruction des médecins Z et des pharmaciens Z des formations sanitaires et il siégea à la Commission des Intoxications créée par le Service de santé de l'Armée.

*
* *

De nombreuses autres Commissions ont fait appel à la haute compétence de Paul Lebeau. Dès 1918, il fût nommé Membre de la *Commission permanente du Codex*. Après la première guerre mondiale, il fût désigné comme rapporteur de la Commission chargée d'étudier la réorganisation générale des Laboratoires de la Ville de Paris et il devint, en 1922, *Membre du Conseil Supérieur des Laboratoires de la Ville de Paris et du Département de la Seine*. Il représenta les Facultés de Pharmacie au *Conseil National des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*. Il appartint au *Conseil de l'Université de Paris*, au *Comité scientifique du Pétrole*, à la *Commission technique permanente du Ministère de l'Agriculture*, à la *Commission internationale des Poids atomiques*, à la section de chimie du *Comité technique des Sciences Mathématiques et Expérimentales de la Caisse nationale des Sciences*. Lors de la réorganisation du Centre national de la Recherche scientifique, à la Libération, notre regretté confrère Frédéric Joliot nommé Directeur général, ne manqua pas d'appeler Paul Lebeau à la *Commission de chimie minérale du Comité national du C. N. R. S.* Il fut élu, à l'unanimité, Président de cette Commission. Il regrettait que la chimie minérale fût un peu délaissée par les jeunes chercheurs au profit de Sciences plus récentes, aussi entreprit-il, avec son énergie coutumière, une vive campagne pour redonner à cette discipline l'attrait et le rayonnement qu'elle avait au temps

de sa jeunesse. Par son autorité convaincante, à laquelle il était assez difficile de résister, il obtint des Directions successives le recrutement en chercheurs et les crédits d'équipement nécessaires pour développer l'activité des laboratoires de Chimie minérale.

Paul Lebeau aurait pu occuper de hautes fonctions, mais, homme de laboratoire, il acceptait les honneurs sans les rechercher et n'avait jamais voulu s'occuper d'administration. C'est ainsi qu'il fût assesseur du Doyen de la Faculté de Pharmacie, mais refusa le décanat malgré le désir de ses collègues. Il fût membre du Conseil et Vice-Président de la Société Chimique de France, sans vouloir en devenir le Président. Cette Société a tenu toutefois à le nommer Président d'Honneur. Plusieurs Sociétés scientifiques l'avaient choisi comme Membre d'Honneur et des Académies étrangères l'avaient admis en leur sein. Dans notre Compagnie, il fût un candidat se pliant difficilement aux visites académiques. Inscrit sur la liste des candidats à la Section de Chimie dès 1919, il fallut l'affectueuse insistance de ses amis pour qu'il se décidât à se présenter avec conviction en 1937. Il succéda à Henry Le Chatelier dans le fauteuil qu'avait occupé son maître Henri Moissan. Comme toujours lorsqu'il avait accepté une charge, il la remplissait avec une conscience exemplaire, il était l'un des membres les plus assidus de nos réunions du lundi. Son état de santé l'écarta des séances durant les deux dernières années. Il le regrettait profondément, mais ne cessait pas de s'intéresser aux travaux de l'Académie et à en entretenir ceux de ses Confrères qui venaient le voir.

*
* *

Ses amis avaient tenu à diverses reprises à lui témoigner leur admiration et leur reconnaissance. Une première médaille frappée à son effigie par le sculpteur H. Voisin lui avait été remise en 1919. Son élévation au grade de Commandeur de la Légion d'Honneur fût l'occasion d'une émouvante cérémonie dans l'amphithéâtre Grignard.

de la Faculté de Pharmacie de Paris, en présence du Général Morin, ancien Ministre de la Guerre. En 1957, la Commission de Chimie des Hautes températures du Centre National de la Recherche Scientifique prit l'initiative de demander au Maître Louis Muller de graver à nouveau ses traits sur une médaille destinée chaque année à un chercheur ayant contribué au développement de la chimie des hautes températures. L'artiste, par son talent, au style rude, a su traduire l'expression d'énergie et de grande bonté qui frappait tous ceux qui ont approché son modèle. La Commission avait décidé que le premier titulaire de cette médaille serait Paul Lebeau lui-même. Elle lui fut remise le 28 novembre 1957 au cours de la grande réunion annuelle organisée par cette Commission. Paul Lebeau avait désiré une cérémonie très simple. Deux courtes allocutions avaient seulement été prévues : l'une de notre Confrère le Doyen Fabre parlant au nom de la Faculté de Pharmacie de Paris où le grand chimiste avait fait toute sa carrière et qu'il avait peuplé de ses élèves ; l'autre de notre Confrère Georges Chaudron, son successeur à la présidence de la Commission des Hautes Températures que Paul Lebeau avait assumée durant plus d'un quart de siècle. Mais dans le nouvel amphithéâtre de la Faculté de Pharmacie, une foule nombreuse se pressait, formée d'anciens amis très chers, de disciples reconnaissants, de tous ceux qu'il avait aidés et encouragés et, aussi, de jeunes chercheurs et d'étudiants que le renom du Maître avait attirés. Paul Lebeau avait beaucoup de difficulté à cacher son émotion, sous son air bourru habituel qui dissimulait mal sa grande sensibilité. Les quelques paroles de remerciements qu'il prononça furent un magnifique acte de foi dans la recherche scientifique, et de confiance dans la poursuite de l'œuvre à laquelle il s'était entièrement voué et qu'il remettait à ses continuateurs. Ce fût la dernière manifestation publique où il parut.

Son grand âge et une longue maladie ne lui permirent bientôt plus de quitter sa calme retraite de Massy. Son vieux et fidèle chauffeur était demeuré à ses côtés, entretenant les quelques fleurs de son

jardin et le soignant avec un touchant attachement. Quelques amis venaient de temps à autre lui rendre visite et s'inquiéter de sa santé; il était heureux de s'entretenir quelques instants avec eux, évoquant le passé et s'intéressant, jusqu'à ses derniers jours, à l'avenir et aux travaux de ceux qu'il avait distingués.

Paul Lebeau s'est éteint doucement le 18 novembre 1959. Sa vie fut celle d'un grand savant, simple et bon, d'un animateur incomparable et d'un grand serviteur de notre Pays.

