



HAL
open science

Marcelin Berthelot (1827-1907), pharmacien chimiste de la République

Philippe Jaussaud

► **To cite this version:**

Philippe Jaussaud. Marcelin Berthelot (1827-1907), pharmacien chimiste de la République. Genèse des innovations - Les biographies comme vecteur de connaissances du processus d'innovation, collection "ingénieur au XXIème siècle", Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 195 p., 2018. halshs-01760801

HAL Id: halshs-01760801

<https://shs.hal.science/halshs-01760801>

Submitted on 6 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Marcelin Berthelot (1827-1907), pharmacien chimiste de la République

Philippe Jaussaud¹

¹EA 4148 S₂HEP, Université de Lyon, Université Lyon 1, France, philippe.jaussaud@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ. Conduire une étude biographique moderne de Berthelot, en évitant l'écueil hagiographique et les critiques infondées, permet de dégager le caractère innovant de l'œuvre du savant. Véritable fondateur de la synthèse organique totale, Berthelot a abordé la thermochimie grâce à une approche physique et il a contribué à l'essor de la chimie végétale. Il a conçu de nombreux appareils et dispositifs expérimentaux. Cet ardent militant de la science pure n'a pas négligé les applications - notamment industrielles - de sa discipline : la pharmacie, la pétrochimie, les techniques de mesure, la fabrication des explosifs, l'hygiène et même l'imprimerie ont bénéficié de son expertise. Titulaire des deux premières chaires de « Chimie organique » créées en France - au Collège de France et à l'École supérieure de Pharmacie de Paris - et membre de trois académies, Berthelot a conduit une brillante carrière politique. Les soutiens institutionnels dont il a bénéficié lui ont permis de rendre des services à la science et à l'État.

MOTS-CLÉS. Synthèse organique - Thermochimie - Chimie végétale - Pharmacie

1. Introduction : un savant controversé

Pasteur a conçu de son vivant son propre Panthéon, dans l'Institut qui porte son nom. En revanche, son grand rival Berthelot n'a pas souhaité d'honneurs *post mortem*. La Troisième République les lui a imposés : elle a décidé que le corps du savant (décédé le 18 mars 1907) reposerait, après des funérailles nationales (le 20 mars 1907), dans un caveau de la crypte laïque que la « patrie reconnaissante » réserve aux « Grands Hommes » (le 25 mars 1907). Outre le souvenir de cet hommage grandiose, immortalisé par la presse - cf. le supplément illustré du *Petit Parisien* -, Marcelin Berthelot lègue à la postérité un souvenir contesté et contrasté. Ses - trop ? - nombreuses fonctions d'universitaire, de chercheur et de ministre, tout comme ses vigoureux engagements scientifiques et sa position de « chef d'école », ont suscité les critiques, alimenté les controverses.

Les propos de Jean Balcou, qui a organisé à Tréguiers - avec le Comité Renan - un colloque commémoratif du centenaire de Marcelin Berthelot, illustrent parfaitement la complexité du personnage :

« On a beaucoup écrit sur Marcelin Berthelot et, après les saveurs de l'encens, il n'a pas échappé aux griffes de la critique. On a peine à imaginer toute la gloire qui enveloppa Berthelot de son vivant et à sa mort au point d'en faire un véritable mythe. Et comme tout mythe il devait être soumis à une autopsie contestatrice [...]. Il demeure la figure d'un grand savant dans l'environnement de sa vie et de son temps. Certes d'autres facettes sont encore à découvrir [...] tant le fascinaient aussi les possibilités qu'il prévoyait infinies du pouvoir en particulier de la chimie et de ses composants mais tant l'obsédaient justement aussi les problèmes posés par la science dans la conduite de la vie et la société ainsi que dans les affaires du monde (Balcou, 2010, pp.13-14). »

Il n'est nullement de notre propos de brosser une nouvelle - et énième - biographie scientifique de Berthelot. Le roc à gravir serait trop haut et ses aspérités trop dangereuses. Notre ambition, plus modeste, sera de cerner un Berthelot innovateur à travers ses biographies, nous appuyant sur ces dernières afin de dégager des éléments scientifiques, techniques et industriels originaux.

Le caractère innovant de l'œuvre de Berthelot s'est trouvé contesté et a entraîné des jugements très sévères de la part de Jean Jacques (1917-2001). Cet auteur - au demeurant, excellent chimiste et talentueux historien de sa discipline - s'appuie à la fois sur des traits de caractère et sur des choix scientifiques. Ces derniers concernent essentiellement la théorie des équivalents, laquelle ne sera pas développée ici. Simplement, nous rappellerons que si la formule de l'eau est H₂O selon la théorie atomique, elle s'écrit HO en équivalents. En réalité, à l'époque les équivalentistes sont aussi nombreux que les atomistes : Berthelot ne peut donc être seul rendu responsable du clivage existant dans la communauté savante.

Jacques rappelle que ce ne sont pas tant ses collègues chimistes que des hommes de lettres ou des journalistes qui chantent les louanges de Berthelot. Ainsi, le biochimiste Jacques Duclaux, le pharmacien Marc Tiffeneau, le prix Nobel de chimie Victor Grignard (1871-1935), et bien d'autres encore, critiqueront sévèrement les positions anti-atomistes de Berthelot et lui contesteront le droit de se proclamer le véritable fondateur de la synthèse organique. Bernadette Bensaude-Vincent rétablit l'équilibre, en nuanciant les principales critiques de Jacques :

« Toutefois, Jean Jacques et les chimistes de sa génération ont tendance à exagérer l'influence de Berthelot sur la chimie française. Paradoxalement, en voulant détruire le mythe, Jean Jacques entretient encore une légende en magnifiant le pouvoir du personnage. [...]. D'une part, Berthelot n'est pas le seul anti-atomiste notoire ni le plus borné. Pelouze et Frémy, tous deux professeurs à Polytechnique, n'ont pas attendu Berthelot pour rejeter les hypothèses et bannir l'atome [...]. D'autre part, Berthelot n'a pas exercé une censure sur l'hypothèse atomique [...]. Le problème provient moins d'une censure de la notion atomique que d'une absence de censure sur la notation équivalentiste (Balcou, *Marcelin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, 2010, pp.79-80). »

D'ailleurs, à partir de 1880, Berthelot adopte une position plus souple - schizophrénique - selon Jacques -, admettant les deux possibilités d'écriture : atomiste et équivalentiste. Il n'en reste pas moins que la chimie structurale n'intéresse guère Berthelot, à une époque de la découverte du carbone asymétrique et d'élaboration de la stéréochimie.

D'autres attaques visent l'homme derrière le savant. Pour rester sur le plan idéologique, certains de ses contemporains reprochent à Berthelot son positivisme, son radicalisme, voire la laïcité militante qu'il expose dans *Science et Philosophie* (1886). Toutes ces critiques contrastent singulièrement avec la belle image allégorique, conçue en 1901 par le médailler Jules-Clément Chaplain (1839-1909) et offerte à Berthelot à l'occasion de la cérémonie du cinquantenaire de sa première publication scientifique.

« À côté de la Vérité se dévoilant, la Patrie présente une couronne de lauriers à M. Berthelot au travail, avec l'inscription « 1851. Pour la patrie et la vérité. 1901 » (Bourgoin, *Centenaire de l'École supérieure de pharmacie de l'Université de Paris, 1803-1903*, 1904). »

Une telle description s'accorde avec le ton louangeur de plusieurs biographies, comme celles d'Émile Jungfleisch, de Marcel Delépine, de Langlois-Berthelot ou de Léon Velluz (cf. Bibliographie). Comme le constate Pascal Duris :

« Les historiens des sciences ont longtemps privilégié l'approche hagiographique d'une science qui ne serait construite que par des génies » (Duris et Gohau, *Histoire des sciences de la vie*, 1997).

Les éloges funèbres ou académiques exploitent, bien sûr, la veine hagiographique à l'extrême. Ainsi, revenant des obsèques de Berthelot, le vétérinaire physiologiste Auguste Chauveau (1827-1917) - lequel a déjà sympathisé, à l'occasion d'un autre enterrement, avec Berthelot, s'exclame le 25 mars 1907, devant l'Académie des sciences qu'il préside :

« Qui pourrait oublier le grand architecte de ces beaux édifices scientifiques qui s'appellent la *Synthèse organique* et la *Thermochimie* ? Qui a besoin qu'on lui rappelle les immenses services rendus à la *Physiologie générale* [...] ? Qui ne garde le souvenir de tant d'autres œuvres de tout premier ordre, dont les moindres fonderaient, à elles seules, les réputations de plusieurs savants éminents ? (Chauveau, *Comptes-rendus des Séances Hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, 1907).

Atout majeur, la capacité de Berthelot à traduire simplement sa pensée, sa maîtrise des subtilités de la langue - n'est-il pas, d'ailleurs, membre de l'Académie française (1901) ? - contribuent à sa notoriété. Elles lui ouvrent les portes du monde des Lettres, autant que celui des sciences. Ainsi, Michelet écrit-il au chimiste en 1860 :

« Vous avez un prodigieux don de lumière. C'est le signe du génie. Comment se fait-il qu'ignorant comme je suis, j'aie pu lire si rapidement votre introduction et votre conclusion ? J'y trouve un mélange d'audace et de prudence qui m'émerveille. Vous avez des percées immenses [...]. Je vous ai non pas lu mais bu comme une éponge ... J'ai compris, je crois, plusieurs choses que je ne devais pas comprendre, n'ayant pas les précédents » (Boutaric, *Marcellin Berthelot (1827-1907)*, 1927).

Aux qualités de littérateur de Berthelot s'ajoute un goût pour l'Histoire qui aide aussi à sa réputation. Il tient, dans ses cours comme dans ses ouvrages scientifiques, à remonter aux sources. Le chimiste expérimentateur et théoricien sait donc parler aux historiens et les convaincre du bien fondé de ses recherches, lesquelles parachèvent des découvertes anciennes en suivant la flèche du temps. Berthelot s'inspire d'abord d'Auguste Comte, dont il adapte les concepts pour contextualiser ses travaux.

« Le même souci semble guider bien d'autres historiens de Berthelot, qui se met bientôt à en mettre un peu partout, mais en substituant aux grandes fresques à la mode positiviste des analyses

ponctuelles : ainsi, en 1864, pour son cours d'ouverture au Collège de France sur « Les méthodes générales de synthèse en chimie organique », l'histoire occupe une bonne moitié de la leçon » (Balcou, *Marcelin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, 2010). »

Il reste à examiner un élément biographique particulièrement significatif, une clé de compréhension essentielle de Berthelot chimiste innovant : c'est la place conquise par le savant dans les institutions - établissements d'enseignement et de recherche ou sociétés savantes.

1.2. - *Un pharmacien « institutionnel »*

Berthelot est pharmacien de première classe et professeur à l'École supérieure de Pharmacie de Paris. Cette appartenance professionnelle souvent méconnue - notamment du grand public - est capitale. Jacques ne s'y trompe pas, puisqu'il y insiste sur une demie page dans sa biographie. De manière analogue, Marc Bridel (1883-1931), professeur de « Physique végétale » au Muséum, souligne dans sa leçon inaugurale l'intérêt des études pharmaceutiques pour les jeunes gens désireux d'embrasser une carrière scientifique :

« La Pharmacie, vous le savez, est une grande école d'où sont sortis beaucoup de ceux qui ont honoré ou qui honorent le plus la science française. [Le concours de pharmacien des hôpitaux] est certainement, parmi ceux du même ordre, celui où il est demandé aux candidats le plus de connaissances générales puisque le programme comporte, en dehors de la pharmacie proprement dite, toute la Chimie, toute l'Histoire naturelle [...]. Je ne dois pas seulement à la Pharmacie ma formation scientifique, je lui dois encore les moyens matériels qui m'ont permis de travailler. [Le pharmacien des hôpitaux] trouve, dans la pharmacie de son hôpital, un laboratoire où il lui est possible, tout en accomplissant régulièrement les travaux de sa charge, de se livrer à ses recherches personnelles. Sans autre souci que celui de travailler, il peut attendre l'heure où il obtiendra la chaire qu'il ambitionne [...]. Le stage pharmaceutique est une excellente préparation aux recherches scientifiques : c'est malheureusement une chose assez couramment méconnue. Bien des manipulations qui peuvent sembler superflues au jeune stagiaire, trouvent par la suite leur application, et c'est journalièrement que je tire parti dans mon laboratoire des détails les plus infimes que j'ai appris en stage (Bridel, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 2012). »

Donc, à la valeur pratique et expérimentale du stage s'ajoute le caractère pluridisciplinaire du cursus pharmaceutique, conférant la possibilité d'occuper des places de premier plan dans les grandes institutions scientifiques. Notons au passage que le dossier de stage de Berthelot a été perdu : nulle trace n'en subsiste, selon on élève Delépine. Avant l'arrivée de Berthelot, le corps professoral de l'École de Pharmacie de Paris a compté des chimistes réputés : Nicolas Vauquelin, Joseph Pelletier, Joseph-Bienaimé Caventou, Pierre Robiquet, etc. Seuls le Muséum et le Collège de France peuvent rivaliser avec l'École, puisque les bâtiments de la Sorbonne n'abritent aucun laboratoire - uniquement des amphithéâtres et des salles de cours. Au Collège, des pharmaciens comme Nicolas Vauquelin (1763-1829), Théophile-Jules Pelouze (1807-1867) ou Jérôme Balard (), enseignent la chimie générale ou « minérale ». Enfin, au Muséum les pharmaciens ont dirigé des chaires de chimie - Antoine-Louis Brongniart, Vauquelin, Laugier -, avant d'étendre leur influence à l'histoire naturelle - l'agronome Georges Ville et le zoologiste Alphonse Milne-Edwards, par exemple, sont des contemporains de Berthelot.

Licencié ès sciences en 1849, Berthelot devient le préparateur du laboratoire privé d'enseignement pratique de la chimie qu'a fondé Pelouze rue Dauphine. C'est là que des fils d'industriels côtoient autour des paillasses des chimistes confirmés, comme Cahours, Laurent ou Gerhardt. Claude Bernard fait lui aussi partie des visiteurs réguliers du laboratoire. En 1851, Berthelot est nommé préparateur de Balard au Collège de France. Sans doute pressent-il le rôle majeur qu'est destinée à jouer la chimie organique en pharmacie, puisqu'il s'inscrit en 1854 à l'École supérieure de pharmacie de Paris. Encore situé rue de l'Arbalète, l'établissement déménagera en 1882 pour le Luxembourg. Berthelot acquiert le grade de pharmacien de première classe en 1858, avec une thèse sur les composés analogues au sucre de canne. Entre temps, il a soutenu en 1854 une thèse de doctorat ès sciences physiques sur la synthèse des triglycérides. Berthelot acquiert l'appui de Jean-Baptiste Dumas, alors inspecteur général de l'Instruction publique, qui obtient pour lui la création d'une chaire de « Chimie organique » à l'École de pharmacie (décret impérial du 2 décembre 1859), la première chaire de ce type fondée en France. Les cours que va dispenser le savant captiveront ses auditeurs. Ainsi, l'un de ses anciens étudiants décrit la « manière Berthelot » :

« Quelle netteté dans la parole sobre du jeune professeur de l'École de Pharmacie, et quel puissant intérêt offraient ses démonstrations expérimentales, tout autant par leur nouveauté que par l'habileté avec laquelle elles étaient réalisées » (Delépine, *Figures pharmaceutiques françaises*, 1953). »

Le seul défaut qui peut être reproché au jeune professeur est une voix très faible. A cette époque, introduit par Pelouze, Berthelot fréquente le salon du mathématicien Joseph Bertrand (1822-1900) où se réunissent des savants reconnus, comme Boussingault. Dans ce milieu, Berthelot fait la connaissance de Sophie Niaudet, nièce de Bréguet, qu'il épouse en 1861. L'un de ses quatre fils, Daniel, deviendra professeur de « Physique » à l'École de Pharmacie de Paris. Dans ce même établissement, notons-le au passage, trois disciples de Berthelot occuperont des chaires de chimie : Émile Jungfleisch (1839-1916), successeur du maître qui abandonne en 1876 sa chaire de « Chimie organique », Marcel Delépine (1871-1965) - professeur de « Minéralogie et hydrologie » - et Léon Prunier (1841-1906), professeur de « Pharmacie chimique ».

La carrière de Berthelot ne se limite pas à l'École de Pharmacie. En effet, au Collège de France, Balard fait créer en 1863 pour son élève un « cours complémentaire » de chimie organique. Soulignons-le au passage, Balard est un brave homme, qui soutient Berthelot de manière inconditionnelle. Il existe même une véritable affection entre maître et disciple. Balard obtient en 1865 le dédoublement de sa chaire, abandonnant une partie de ses locaux, pour que le « cours complémentaire » de son préparateur soit converti en une chaire magistrale de « Chimie organique ». La création de cette chaire est soutenue auprès de Napoléon III par le ministre Victor Duruy, qui a été le professeur de Berthelot au Lycée Henri IV. En 1869, le chimiste est nommé directeur du laboratoire de l'École pratique des Hautes Études rattaché au Collège de France .

Au Collège, le professorat de Berthelot va marquer une étape importante, en infléchissant les recherches chimiques de l'analyse vers la synthèse. Comme il l'a fait à l'École de Pharmacie, Berthelot n'hésite pas à installer des dispositifs expérimentaux qui lui permettent, à l'amphithéâtre, d'imprégner l'assistance du caractère pionnier de la chimie organique. Il reproduit notamment sa synthèse totale de l'acétylène de manière spectaculaire. Trente-huit ans plus tard, un témoignage nous décrit un orateur plus terne, mais qui tient à dispenser son cours trois fois par semaine, alors que ses collègues se contentent de deux leçons :

« Un homme de taille ordinaire avec une énorme tête entre, suivi par son préparateur. Il feuillette quelques notes, écrites sur des enveloppes de lettres et des bouts de papier, et commence d'un ton absorbé et uniforme. C'est un visage aux traits largement dessinés, avec des yeux bleu-gris profondément enfoncés, dans lesquels il y a quelque chose qui vous prend et qui vous tient... Le ton bas de la voix, comme d'un monologue avec soi-même, ne s'élève jamais ; occasionnellement il y a une étincelle d'un humour plutôt mordant [...]. Vous avez dans la tolérance aisée, le léger dédain de la phrase, la clef d'un esprit qui a vu paraître et disparaître les systèmes et qui, à travers de longues années, a appris, sans doute, à connaître l'évanescence des idées » (Boutaric, *Marcellin Berthelot (1827-1907)*, 1927).

La tradition inaugurée par Berthelot dans la chaire de « Chimie organique » du Collège se perpétuera après lui, puisque ses successeurs seront pharmaciens : Jungfleisch, Charles Moureu (1863-1929), Marcel Delépine (1871-1965), Charles Dufraisse (1885-1959) et enfin Alain Horeau (1909-1992), qui rebaptisera son laboratoire « chimie organique des hormones ».

Durant la guerre de 1870, Berthelot préside le Comité scientifique de défense nationale. Il est très actif lors du siège de Paris, une attitude qui servira de coup d'envoi à sa carrière politique. En effet, les Parisiens témoigneront leur reconnaissance à Berthelot en l'élisant député (1871), puis sénateur inamovible (1881). Le savant accédera ultérieurement aux fonctions de ministre : d'abord de l'instruction publique (1886-1887), puis des affaires étrangères (1895). Soulignons à ce propos que Berthelot attribue un rôle politique à la science, laquelle représente une œuvre collective et internationale. Il va même beaucoup plus loin, dans son discours jubilaire :

« [La science] réclame aujourd'hui, à la fois, la direction matérielle, la direction intellectuelle et la direction morale des sociétés (Boutaric, *Marcellin Berthelot (1827-1907)*, 1927). »

À l'occasion du centenaire du savant (1927), un discours prononcé au nom de la Faculté de Pharmacie de Paris nous livre une description caricaturale - mais révélatrice - d'un Berthelot au comportement « hybride », universitaire et politique.

« Berthelot [...] a laissé le souvenir d'un habile manieur d'hommes. Aussi politicien que savant, il apporta au laboratoire les méthodes de la politique. Il traitait l'électrochimie comme une sous-direction de ministère, donnant des « directives » à ses préparateurs et à ses élèves et ajoutant ensuite le poids décisif de sa signature aux travaux de son équipe, comme un secrétaire d'État valide de sa griffe les documents élaborés par ses secrétaires (Anon., *Bulletin de la Société d'Histoire de la Pharmacie*, 1928). »

Une incursion de Berthelot - rarement citée - dans le domaine de la toxicologie renvoie une l'image plus positive de l'« universitaire politique ». Á la fin de sa vie, le chimiste préside une commission sénatoriale chargée d'évaluer les dangers du plomb pour la santé publique. Il décèdera avant de connaître les résultats de l'enquête, mais son implication médicale et hygiénique est rappelée sur une médaille commémorative portant les mentions : « Intoxications dans les maladies - Les mesures en médecine - La Salpêtrière - L'Antiquaille - Lariboisière ».

Á l'Institut de France, Berthelot est membre de deux académies sur cinq : Académie des sciences (1873) et Académie française (1901). Á cela s'ajoute l'Académie de médecine (1863), la Royal Society et l'Académie des sciences de Berlin, sans compter les académies de Vienne, Saint-Petersbourg, Stockholm, etc. Le nom de Berthelot a été avancé pour l'attribution du premier Prix Nobel de Chimie, décerné en 1901. Mais, il aurait fallu récompenser l'œuvre de toute une vie, et non pas seulement une découverte, comme le testament Nobel le spécifiait. C'est Van't Hoff, co-découvreur avec Le Bel du carbone asymétrique, qui sera finalement lauréat du prix.

L'apothéose du savant est marquée par son jubilé (le 24 novembre 1901), lequel se tient dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne. Trois mille invités assistent à la cérémonie, laquelle est présidée par le Président de la République en personne : Émile Loubet. Il est entouré de ses ministres et la chambre des députés, tout comme le Sénat, sont représentés.

Compte tenu des éléments qui précèdent, extraits des nombreuses biographies consultées, l'image caricaturale d'un Berthelot médiocre, usurpateur d'une gloire imméritée nous paraît aussi éloignée de la réalité historique que l'assimilation à un Newton ou à un Galilée de la chimie. Les excès de certains auteurs affaiblissent, d'ailleurs, la crédibilité de leur analyse. Il faut simplement constater que Berthelot adopte les moyens permettant, à son époque, d'accéder à une carrière professorale : devenir l'élève de « grands patrons » solidement implantés dans le sérail - Pelouze et Balard. La fréquentation des cercles intellectuels proches du pouvoir lui permettra ensuite d'entrer en politique. Berthelot dispose de tous les « réseaux » souhaitables - pharmaceutiques, institutionnels, académiques, politiques - pour conduire des recherches innovantes.

2. - Des recherches innovantes dans des domaines variés

Si l'on excepte ses travaux d'historien, les trois axes structurant l'œuvre scientifique de Berthelot, admis par tous ses biographes, sont : la synthèse organique, la chimie physique et la chimie végétale. Ils seront envisagés dans ce qui suit, en prenant en compte certaines applications industrielles, militaires ou agronomiques.

2.1. - Le matin des organiciens

Commémorant le cinquantenaire du savant, Edmé Bourgoïn affirme :

« Jusqu'à lui [Berthelot], c'est-à-dire pendant la première moitié de ce siècle, la chimie organique avait suivi une marche essentiellement analytique. Elle s'efforçait d'isoler les principes immédiats dans les êtres vivants, et elle les soumettait à une série de décompositions et de transformations destinées à aboutir en définitive aux éléments et aux composés binaires, tels que l'eau et l'acide carbonique (Bourgoïn, *Centenaire de l'École supérieure de pharmacie de l'Université de Paris*, 1904). »

Berthelot contribue à faire basculer la chimie organique de l'analyse à la synthèse. Á l'inverse de l'analyse, la synthèse permet la construction. Elle représente une force créative colossale, une « puissance inconnue aux autres sciences naturelles », ainsi que le savant l'affirme dans l'une de ses leçons au Collège de France. Grâce à la synthèse, l'Homme va pouvoir préparer des substances organiques de plus en plus complexes, en particulier les constituants des êtres vivants. Ainsi, pour l'obtention de son doctorat ès sciences (1854) Berthelot réalise la synthèse des triglycérides présents dans les corps gras. Il ne s'agit là que d'une synthèse partielle - une hémisynthèse. Le chimiste mettra ensuite au point des méthodes de synthèse totale, permettant de préparer

diverses matières premières industrielles, comme l'acide formique (1856) ou le méthanol (1857). Ces résultats expérimentaux forment la matière d'un ouvrage en deux volumes, intitulé la *Chimie organique fondée sur la synthèse* (1860), qui consacre la renommée du savant. Peu après, s'étant attaqué aux hydrocarbures, Berthelot réalise la synthèse totale de l'acétylène (1862), en combinant carbone et hydrogène dans son célèbre « œuf électrique » - aujourd'hui exposé dans le vestibule du Collège de France. Jungfleisch a mis en perspective avec honnêteté l'œuvre de Berthelot dans le champ de la synthèse, comme s'il avait prévu les critiques d'un Jean Jacques s'attachant à contester le caractère innovant des techniques utilisées et des résultats obtenus :

« De la synthèse chimique, Berthelot n'a certainement inventé ni le nom ni la chose. Les chimistes savaient avant lui produire par synthèse un grand nombre de composés non carbonés. Il n'en était pas de même pour les composés carbonés. Malgré la production synthétique de l'urée par Wöhler, malgré quelques autres formations artificielles de substances organiques, que leurs natures rapprochent, il est vrai, des matières minérales, l'opinion générale refusait au chimiste la faculté de produire synthétiquement les principes de l'organisme animal ou végétal, leur formation, disait-on, le plus souvent, étant sous la dépendance de la force vitale. Berthelot a montré que cette distinction entre la chimie de la nature vivante et la chimie de la nature minérale n'est fondée sur aucune réalité (Jungfleisch, *Bulletin de la Société Chimique de France*, 1913). »

En chimie organique, Berthelot ne se contente pas de reproduire des composés déjà existants. Il va plus loin, puisqu'il prépare des triglycérides artificiels, inconnus dans la nature. D'où sa remarque triomphale dans *La Synthèse chimique* (1876), œuvre de la maturité qui prolonge la *Chimie organique* :

« non seulement elle [la chimie] crée des phénomènes, mais elle a la puissance de refaire ce qu'elle a détruit ; elle a même la puissance de former une multitude d'êtres artificiels, semblables aux êtres naturels, et participant de toutes leurs propriétés (Berthelot, *La Synthèse chimique*, 1876). »

Au plan technologique, Berthelot n'est pas en reste d'inventivité pour concevoir des méthodes et des instruments originaux. Il faut mentionner, outre son « œuf électrique » (cf. supra), les tubes scellés - plongés dans un bain huile chaud - dans lesquels le savant déclenche des réactions chimiques. Berthelot utilise aussi la gazométrie, avec laquelle il a pu se familiariser grâce à ses maîtres du Collège de France. Donc si, comme le savant le proclame, « la chimie crée son objet », parallèlement l'expérimentateur crée ses instruments et ses méthodes.

Jean Jacques conteste, avec vigueur, l'existence de relations fructueuses entre Berthelot et l'industrie. Il affirme :

« Les qualités non pas tant de désintéressement que d'efficacité industrielle attribuées à Berthelot sont, à ce qu'il me semble, totalement imaginaires [...]. Les relations entre Berthelot et les industriels ne furent ni très nombreuses, ni très heureuses (Jacques, *Berthelot - Autopsie d'un mythe*, 1987). »

À ce propos, Jean Jacques valorise le modèle allemand, dont il oppose l'efficacité aux méthodes de synthèse de Berthelot, qualifiées par lui de « rudimentaires ». Si l'on considère le fait que Berthelot refuse toutes les propositions de dépôt de brevets émanant d'industries - notamment les Brasseries du Nord de la France -, les doutes émis par Jacques peuvent trouver quelque légitimité. Berthelot s'est souvent posé en apôtre de la science pure, regrettant que les recherches fondamentales ne soient pas suffisamment récompensées, au profit de leurs applications immédiates. Il n'en reste pas moins que le chimiste a participé - directement ou indirectement - à des actions industrielles importantes.

En effet, la puissance créatrice de la synthèse - que symbolise bien la médaille de Chaplain (cf. supra) - offre à l'industrie des moyens de choix pour préparer des matières premières, des colorants ou des médicaments. Jungfleisch ne manque pas de le souligner :

« Maintenu à la température du rouge sombre, l'acétylène se combine à lui-même, se condense [...]. On voit par là apparaître, dans les produits de la réaction, les composés hydrocarbonés les plus importants du goudron de houille, source inépuisable de composés organiques, dont l'industrie profite largement (Jungfleisch, *Bulletin de la Société Chimique de France*, 1913). »

Les travaux de Berthelot sur les hydrocarbures permettent effectivement d'améliorer la qualité du gaz d'éclairage. Il en résulte une économie annuelle de plusieurs centaines de milliers de francs pour la Compagnie du

gaz, sur la seule ville de Paris. Ceci rejoint la question de la « synthèse des pétroles ». Berthelot la réalise grâce à une méthode d'hydrogénation universelle des composés organiques. Il chauffe les corps en présence d'acide iodhydrique dans des tubes de verres scellés, à plus de 270 °C. Selon ce procédé, à partir de matières très diverses - même fort complexes comme le bois ou le charbon - Berthelot obtient des hydrocarbures saturés très proches de ceux qui composent les pétroles. Le savant pense que l'origine de ces derniers est probablement liée à une transformation chimique des débris organiques et du charbon. Les sources naturelles n'étant pas inépuisables, grâce à Berthelot des méthodes industrielles de préparation des pétroles pourront être proposées.

Nommé chimiste conseil de la Banque de France en 1871, Berthelot intervient dans le choix des papiers, des colles, des encres, des colorants, ainsi que dans l'introduction de « vignettes incolores », dites « à l'encre blanche ». Ses avis sont pris en compte dans la création du premier billet français moderne, de vingt francs, bicolore - bleu et bistre.

L'industriel Émile-Justin Menier (1826-1881), pharmacien de formation, confie à Berthelot une mission de consultant dans ses établissements. À cette occasion, Berthelot s'intéresse aux alcaloïdes et aux colorants de synthèse : le savant ne néglige donc pas la pharmacie, considéré sous l'angle des principes actifs organiques d'origine naturelle. De plus, comme le remarque Delépine :

« Menier qui participa à l'Exposition Universelle de Londres, en 1862, avait chargé Berthelot de faire préparer des produits de synthèse. En fait, cela fut fort remarqué et Hofmann, un des grands chimistes de l'époque, rapporteur du jury, ne manqua pas de signaler cette nouveauté comme un événement sensationnel des possibilités futures de l'industrie (Delépine, *Figures pharmaceutiques françaises*, 1953). »

Cette collaboration industrielle de Berthelot, qui s'achève en 1863, a une conséquence importante sur le plan de l'enseignement. En effet, Menier s'associe au savant pour soutenir le grand projet d'Edme Frémy (1814-1894) : la création, au Muséum national d'Histoire naturelle, d'une « École de chimie pratique » (1864). Cette structure d'enseignement formera un grand nombre de chimistes, qui feront carrière dans l'industrie ou la recherche.

La synthèse organique conduit Berthelot à des découvertes latérales, lesquelles le dirigent du côté de la chimie physique.

2. 2. - Une chimie très physique

À partir du début des années 1860, Berthelot conduit une longue série d'études pour développer ce qu'il nomme une « mécanique chimique ». La nouvelle discipline recherche les causes des transformations des composés. De ce fait, Berthelot occupe une position disciplinaire originale - qu'il revendique -, à l'interface entre chimie et physique. Rien d'étonnant à cela si l'on songe que son tout premier travail de recherche, de nature purement physique, concerne la liquéfaction des gaz (1850). La « mécanique chimique » de Berthelot intègre deux grands domaines de notre actuelle chimie physique : les équilibres chimiques et la thermochimie. Tous deux sont liés, puisque la thermochimie rend possible la description et la compréhension des équilibres.

Deux observations expérimentales constituent les sources de la « mécanique chimique ». D'abord, Berthelot observe que la production d'une substance intéressante se trouve parfois restreinte par la cinétique de la réaction qui la génère. Il en va ainsi des esters, dont l'hydrolyse entre en compétition avec la synthèse. Un « équilibre chimique » s'installe, responsable d'une « réaction limitée » ou incomplète. Avec son jeune collègue Léon Péan de Saint Gille (1832-1863), Berthelot met en évidence et décrit le phénomène concerné : la « loi d'action de masse » de Guldberg et Waage en découlera (1864).

Ensuite, l'étude de la synthèse endothermique de l'acide formique, oriente Berthelot vers la thermochimie *sensu stricto*. Le savant n'en est pas le fondateur : les historiens attribuent ce mérite à plusieurs chimistes du XVIIIème siècle, comme Adair Crawford (1749-1795), Antoine Lavoisier (1743-1794) ou Pierre-Simon de Laplace (1749-1827). La première moitié du XIXème siècle voit ensuite se succéder un grand nombre de thermochimistes, tel le théoricien Germain Hess (1802-1850).

Berthelot va baser sa thermochimie sur des mesures calorimétriques (« calorimétrie chimique »). Comme en chimie organique, il conçoit des instruments et des appareils adaptés à ses investigations : un calorimètre à eau, des chambres de réaction et de combustion en verre ou en platine, des enceintes spéciales, etc. L'invention de la fameuse « bombe calorimétrique » a été souvent attribuée de manière erronée à Berthelot. En réalité, c'est le

polytechnicien Paul Vieille (1854-1934), ingénieur au Laboratoire central des poudres, qui construit l'appareil et en publie la description (1879).

« Ce qui revient à Berthelot, c'est d'avoir eu l'idée de faire exploser des mélanges gazeux dans la bombe, instrument qui n'avait été utilisé auparavant que pour étudier des explosifs solides ou liquides ; c'est pour cette application à des gaz explosifs qu'il donna à l'une des deux premières bombes qu'il fit construire une forme ellipsoïdale qui permettait de réduire l'épaisseur de la paroi [...]. Il ne faut cependant pas oublier que, pendant trente ans, Berthelot imagina et construisit de nombreux dispositifs calorimétriques avec lesquels il effectua des centaines de mesures dans tous les domaines de la chimie. Son dynamisme et sa créativité dans ce domaine en font, avec Regnault, l'un des fondateurs de la calorimétrie moderne (Médard et Tachoire, *Histoire de la thermochimie*, 1994). »

Dans l'imaginaire collectif, la « bombe calorimétrique » de Berthelot joue un rôle aussi important et symbolique que l'« œuf électrique » construit par le savant pour la synthèse. Les appareils étant tous deux ovoïdes,

La thermochimie de Berthelot lui permet d'appréhender les transformations physiques ou chimiques des corps, c'est-à-dire la « mécanique chimique ». À partir de 1869, durant une bonne vingtaine d'années, il mesure les dégagements ou les consommations de chaleur qui accompagnent, soit des réactions chimiques (synthèses de composés organiques ou minéraux, tels des esters ou des amides, réactions de substitution ou d'isomérisation, dissociations des acides et des bases, etc.), soit des phénomènes physiques (modifications d'états, partages entre solvants, dissolutions, précipitations, combustions, etc.). Les calculs interminables liés à ces expériences s'étalent sur plusieurs dizaines de milliers de feuilles de papier !

Les résultats obtenus permettent au savant de soumettre les énergies chimiques aux lois de la mécanique rationnelle. Plus précisément, trois principes fondamentaux sont définis : ceux des travaux moléculaires, de l'équivalence calorifique des transformations et du travail maximum. De plus, c'est Berthelot qui introduit les termes - qui nous sont aujourd'hui si familiers - d'« endothermique » et d'« exothermique ».

Les recherches qui viennent d'être évoquées fournissent des articles aux *Annales de Chimie et de Physique*, avant d'être rassemblés dans un véritable traité de chimie physique : *l'Essai de mécanique chimique fondé sur la thermochimie* (1879). Cet ouvrage constitue le pendant, le symétrique de la *Chimie organique*. Il se divise en trois parties : *Calorimétrie*, *Dynamique chimique* et *Statique chimique*.

Le lecteur trouvera dans l'ouvrage de Médard et Tachoire (cf. Bibliographie) une étude critique détaillée des travaux thermochimiques de Berthelot. Voici l'essentiel des conclusions des auteurs:

« Berthelot n'appartient pas au petit groupe de physiciens français (Carnot, Clapeyron, Massieu, Moutier, Duhem, par exemple), dont l'apport a été déterminant pour la naissance et les premiers développements de la thermodynamique. Dans ce domaine, sa démarche fut assez peu scientifique. Ayant bâti une « mécanique chimique » mêlant idées empruntées aux chimistes anciens et conclusions tirées du premier principe de la thermodynamique, il consacra trente ans de sa vie à défendre et à illustrer son modèle. Les rapides progrès de la thermodynamique l'obligèrent à adopter des positions contredites par l'expérience, à faire des distinctions arbitraires et des raisonnements souvent longs et peu logiques, à trouver des échappatoires comme les « transformations physiques » ou les « énergies étrangères » [...]. La position occupée par Berthelot et l'influence considérable qui en résultait ralentirent de façon très importante, en France, le développement de la thermodynamique et l'essor de la chimie physique (Médard et Tachoire, *Histoire de la thermochimie*, 1994). »

Les travaux thermochimiques de Berthelot l'orientent naturellement vers l'étude des substances explosives (1878), comme des dérivés nitrés - nitroglycérine, nitrobenzène, acide picrique - ou le fulminate de mercure. Ces investigations débutent dès la guerre franco-prussienne, à la tête du Comité scientifique de défense nationale (cf. *supra*). Ensuite, les fonctions de Berthelot au Comité des poudres et salpêtres (1876), puis à la Commission des substances explosives (1878) le conduisent à découvrir les propriétés détonantes du nitrate d'ammonium. Notons au passage que Berthelot ne prend aucune part à l'invention de la « poudre sans fumée » - vite adoptée par l'armée française : tout le mérite en revient à Vieille, qui prépare le produit hors du cadre de la Commission des substances explosives. Les deux hommes travaillent très peu ensemble. Précisons que Vieille, en collaboration avec son chef de service le polytechnicien Jacques Sarrau (1837-1904), apporte une contribution de poids au développement de la thermochimie entre 1879 et 1894.

Berthelot s'intéresse aux conditions extrêmes - de température et de pression - qui accompagnent les explosions. Celles-ci génèrent une physicochimie particulière, incluant des phénomènes originaux que le savant n'a pas, bien entendu, les moyens d'élucider. Notons au passage que c'est un autre pharmacien, Pierre Douzou (1926-2000), qui fondera dans les années 1965-2000 une « biochimie des conditions extrême », orientée cette fois-ci vers les très basses températures.

Toujours dans la continuité de ses études thermochimiques, Berthelot étudie la pression d'explosion des mélanges gazeux. Ceci le conduit à définir une « onde explosive » :

« dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène, par exemple, la combustion se propage sous la forme d'une onde, avec une vitesse supérieure à celle du son, vitesse telle que le refroidissement par les parois n'a pas le temps de s'exercer ; la surface de l'onde étant le siège de la combustion, il s'y réalise, pendant un temps court, il est vrai, les températures les plus élevées, celle de 4000° avec le mélange pris pour exemple (Jungfleisch, *Bulletin de la Société Chimique de France*, 1913). »

Pendant le siège de Paris, Berthelot publie *La Force de la poudre et des matières explosives*, un petit ouvrage dont la troisième édition - largement augmentée, comportant deux volumes - porte un titre qui fait allusion à la « mécanique chimique » : *Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie* (1883). Dans cette publication, le savant tire de ses travaux des conclusions relevant de la philosophie de l'Histoire. On lit, par exemple, que :

« tous les peuples civilisés sont obligés pour conserver leur puissance matérielle, c'est-à-dire sous peine de déclin, de maintenir chacun chez soi le niveau des connaissances théoriques au point le plus élevé. Dans tous les ordres, dans celui des matières explosives en particulier, les armées se sont doublées de groupes de savants, principalement occupés à développer incessamment la théorie et à en contrôler continuellement les conséquences a priori par les vérifications expérimentales » (Boutaric, *Marcellin Berthelot*, 1927). »

Enfin, Berthelot réalise avec Jungfleisch des travaux relatifs aux partages entre solvants. Leur aspect quantitatif se trouve matérialisé par la définition d'un « coefficient de partage », un paramètre encore utilisé de nos jours au laboratoire pour extraire et purifier les produits les plus divers : substances toxiques, parfums, agents dopants, médicaments, etc. Là encore, Berthelot apporte une contribution - modeste, certes, mais incontestable - à des techniques susceptibles d'intéresser l'industrie.

Certaines expériences de chimie physique - parfois déléguées à ses assistants - ont été conduites par Berthelot à la station de chimie végétale de Meudon, dont il va être question dans ce qui suit.

2. 3. - Le terreau végétal

La chimie végétale représente le troisième grand axe de recherches de Berthelot. Il obtient du gouvernement l'autorisation d'installer une station expérimentale dépendant du Collège. C'est Jules Grévy qui signe le décret fondateur le 17 janvier 1883. Berthelot ayant toute latitude pour récupérer un domaine de l'État inoccupé, il choisit un terrain à Meudon. Son ami Renan étant alors l'administrateur du Collège de France, les deux hommes travaillent ensemble sur les plans. Les financements nécessaires sont octroyés par les ministères de l'Agriculture et de l'Instruction publique. Il ne faudrait cependant pas exagérer l'importance de ces moyens matériels : à l'époque, les savants français travaillent rarement dans le luxe. Ainsi, Armand Gautier souligne-t-il le caractère sordide du laboratoire de la rue Saint-Jacques, lorsque Berthelot en prend possession. Son successeur Émile Jungfleisch ne le trouvera pas dans un meilleur état et sera obligé de demander les travaux de rénovation nécessaires.

L'incursion de Berthelot, à partir de 1875, dans le domaine de la chimie végétale, s'explique par l'intérêt que suscite alors le champ d'application agricole des disciplines scientifiques. En particulier, la question de la fixation de l'azote atmosphérique par les végétaux divise les spécialistes. Georges Ville, premier titulaire de la chaire de « Physique végétale » (1857) du Muséum, fait partie des agronomes qui admettent le processus. D'autres savants, comme Justus Liebig (1803-1873) ou Théophile Schloesing (1824-1919), sont d'un avis opposé.

Berthelot affiche plusieurs compétences pour intervenir dans le débat. D'abord, les questions de biologie prolongent de manière assez naturelle la synthèse organique toute puissante. Ensuite, Berthelot a déjà réussi à introduire directement de l'azote dans un composé organique, pour synthétiser l'acide cyanhydrique à partir de l'acétylène (1868). La réaction s'est déroulée au laboratoire, donc dans des conditions très différentes des

circonstances naturelles. Utilisant des méthodes plus douces, Berthelot constate que les composés organiques - benzène, acétylène, composants de l'essence de térébenthine, etc. - absorbent l'azote sous l'effet d'une faible électricité ambiante : l'« effluve électrique » (1876). Il reste donc à expérimenter sur le terrain et, passant des produits purs aux plantes entières, à expliquer la synthèse des produits azotés dans les végétaux.

Berthelot démontre que l'azote est assimilable de deux manières : sous forme de gaz, grâce à l'électricité atmosphérique - l'« effluve » -, et par l'intermédiaire de microorganismes présents dans le sol. Ce résultat est confirmé par plusieurs auteurs (1887-1890) - comme l'agronome allemand Hermann Hellriegel (1831-1895) -, qui précisent le rôle des bactéries des nodosités radiculaires des Légumineuses, ainsi que des algues microscopiques.

D'autres investigations de chimie végétale et agronomique sont effectuées par Berthelot, grâce aux ressources de l'analyse chimique :

« nature des corps azotés des sols arables, drainage, état des sels de potasse, des phosphates, des azotates dans les plantes, action de l'eau sur les réactions du sol et sur la végétation, etc. (Gautier, *Revue Scientifique*, 1907). »

À cela s'ajoute une étude de la « marche générale de la végétation » (1883-1895), réalisée par le savant en collaboration avec son préparateur au Collège, Gustave André (1856-1927). Pour cela, Berthelot confronte l'évolution dans le temps de la composition chimique des plantes à celle du sol - particulièrement en matière de substances azotées.

Toujours dans le domaine agricole, Berthelot se préoccupe à plusieurs reprises d'un produit très français : le vin. Il observe :

« les conditions de son éthérisation, la nature de son bouquet, l'influence que sa conservation, l'accès de l'air, les acides, les gaz, exercent sur ses qualités » (Gautier, *Revue Scientifique*, 1907). »

Berthelot étudie également les moyens de doser les constituants du vin et s'intéresse, avec divers collaborateurs, à la formation du sucre de canne dans les fruits et à celle de l'acide oxalique dans les *Oxalis*. Au cours de ces études, le savant utilise l'aréomètre de Baumé. Constatant que les valeurs des densités liquidiennes mesurées varient selon les constructeurs de l'appareil, il est amené à préciser - avec Paul-Jean Coulier (1824-1890) et Joseph-Charles d'Almeida (1822-1880) - les conditions de graduation de l'alcoomètre centésimal (1873). Ce travail - complété par l'établissement de tables de vérification - revêt une grande importance pratique.

Enfin, Berthelot confirme l'hypothèse de Claude Bernard, selon laquelle l'éthanol peut être produit sous l'action de ferments solubles, hors la présence des microbes de Pasteur. Le chimiste décrit ainsi l'« interversion » du sucre de canne par les ferments des levures. De ce fait, Berthelot bannit du champ de la chimie biologique une « force vitale » qu'il a déjà éliminée, via la synthèse, du domaine de la chimie organique. Son élève Jungfleisch poursuivra dans la même direction, démontrant que des molécules optiquement actives peuvent être synthétisées au laboratoire, en l'absence de tout organisme vivant : la dissymétrie moléculaire n'est pas l'apanage de la nature.

Les travaux qui viennent d'être mentionnés donnent lieu à des articles que Berthelot rassemble, en 1899, pour former un ouvrage intitulé *Station de chimie végétale de Meudon, (1883-1899), Chimie végétale et agricole* (1899). Ce livre constitue, avec la *Chimie organique* et l'*Essai de mécanique chimique*, un véritable triptyque résumant l'œuvre du savant. Une œuvre dont Bourgoïn a résumé en quelques lignes toute l'importance :

« [Berthelot impulse] une évolution qui tend à faire sortir la chimie de l'ordre des sciences purement descriptives, pour en ramener les méthodes et les problèmes à ceux des sciences physiques et rationnelles » (Bourgoïn, *Centenaire de l'École supérieure de Pharmacie de Paris*, 1909).

3. - Conclusion

Si Sadi Carnot a pu être qualifié d'« ingénieur de la République », Berthelot mérite bien le titre de « chimiste de la République », car il a rendu des services à la société, en contrepartie d'un soutien institutionnel. De nombreux travaux réalisés par le savant, tant au Collège de France qu'avec des industriels ou dans des commissions techniques, en témoignent.

En dépit d'une littérature biographique qui oscille trop souvent entre le portrait charge et l'éloge, notre rencontre avec Berthelot innovateur a révélé un personnage aux traits nuancés : davantage praticien que théoricien,

davantage physicien que chimiste, ardent défenseur de la science pure, sans en négliger pour autant les applications techniques. Les erreurs et les obstinations de Berthelot, donc les critiques légitimes qui peuvent en résulter, se trouvent liées autant à la marche générale de la science qu'au personnage. En effet, l'œuvre du savant se développe sur une époque charnière, à la veille des grands bouleversements qui vont bientôt affecter les sciences physiques - approches quantique et relativiste. Des renouvellements théoriques - comme la théorie atomique - se produisent d'ailleurs déjà, susceptibles de déstabiliser un esprit un tant soit peu conservateur. Dans ces circonstances et si, de surcroît, l'on refuse de se spécialiser dans un seul domaine, vouloir faire face sur plusieurs fronts tient presque de la gageure. Berthelot gagne et innove, à notre avis, sur deux plans : celui de la synthèse organique et celui de l'instrumentation et de la mesure. Finalement,

« la meilleure façon de reconnaître l'importante contribution scientifique de Berthelot n'est pas, comme on l'a fait pendant longtemps, en France et parfois à l'étranger, de lui attribuer un rôle qu'il n'a pas joué (Médard et Tachoire, *Histoire de la thermochimie*, 1994). »

L'oubli et la défaveur dont a pâti Berthelot nous semblent donc historiquement et scientifiquement infondés. Soulignons au passage le contraste d'une telle corrosion temporelle avec l'étonnante résistance du mythe pastorien, lequel suscite encore de nos jours une succession ininterrompue de panthéons de papier et de biographies hagiographiques.

En réalité, chaque époque choisit ses « Grands Hommes », et la mémoire est un filtre sélectif. Kopp remarque à ce propos qu'en littérature

« Christopher Marlowe et Ben Johnson étaient plus connus à l'époque [élisabéthaine] que Shakespeare, sans parler d'auteurs aujourd'hui oubliés comme Francis Beaumont (Kopp, *Le Magazine Littéraire*, 2016) ».

Les collections d'images publicitaires, largement distribuées sous la Troisième République, illustrent bien le caractère sociologiquement contingent de la fabrication des célébrités. Nombre de savants du Second Empire et de la Troisième République, considérés à l'époque comme des acteurs de premier plan de la recherche, ont succombé aux corrosions capricieuses de la mémoire : exit les Alphonse Milne-Edwards, les Alfred Lacroix, les Léon Guignard ou les Philippe Van Tieghem, pour laisser la place à des valeurs sûres - surtout en librairie ...-, comme Darwin, Pasteur ou Einstein. Songeons qu'il a fallu attendre le début du XXI^{ème} siècle pour voir paraître les premiers ouvrages biographiques consacrés à Ernest Lavisse et à Bernard de Lapeyrou ! Il nous semble utile de faire resurgir - biographiquement parlant - le personnage de Berthelot, de réactiver son souvenir dans les esprits. L'observation du timbre français émis en 1927, à l'occasion du centième anniversaire de la naissance du savant nous y invite : la vignette est de dimensions modestes - 20 x 24 mm -, mais l'éclat de sa couleur carmin a traversé le temps sans faiblir.

Bibliographie

- Anonyme, « Kraty l'Archivare - Le centenaire de Berthelot », *Bulletin de la Société d'Histoire de la Pharmacie*, vol. XVI, n°57, p. 30-31, 1928.
- APTER E., « Campus et media : lutte à mort pour le marché des vies », *Critique*, n°781-782, p. 540-552, juin-juillet 2012.
- BACH J-F., « Marcelin Berthelot, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, in : BALCOU J., *Marcelin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, p. , 2010.
- BALCOU J., *Marcelin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, 2010.
- BENSAUDE-VINCENT, B., « Marcelin Berthelot : la synthèse chimique aux confins du vivant », in : LIVAGE J., « Histoire de la chimie au Collège de France », *La Lettre du Collège de France*, n°26, p. 34, juin 2009.
- BENSAUDE-VINCENT, B., « Berthelot, un chimiste positiviste attardé ? » in : BALCOU J., *Marcelin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, p. 71-80, 2010.
- BENSAUDE-VINCENT, B., « Vies d'objets. Sur quelques usages de la biographie pour comprendre les technosciences », *Critique*, n°781-782, p. 588-598, juin-juillet 2012.
- BERTHELOT M., *Chimie organique fondée sur la synthèse*, Mallet-Bachelier, Paris, 1860.
- BERTHELOT M., *Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique, professées en 1864 au Collège de France*, Gauthier-Villars, Paris, 1864.
- BERTHELOT M., *La synthèse chimique*, Baillière, Paris, 1876.
- BERTHELOT M., *Science et Philosophie*, Calmann-Lévy, Paris, 1886.
- GUIGNARD L., *Centenaire de l'École supérieure de pharmacie de l'Université de Paris, 1803-1903*, Joanin et Cie, Paris, 1904.
- BOUTARIC A., *Marcellin Berthelot (1827-1907)*, Payot, Paris, 1927.
- BRIDEL M., « Leçon inaugurale du cours de Physique végétale du Muséum national d'Histoire naturelle, faite le 11 mars 1927 », *Journal de Pharmacie et de Chimie*, T.V, p. 398-404, 1927.
- CHAUVEAU A., « Allocution sur Berthelot », *Comptes-rendus des Séances Hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, vol. CXLIV, n°12, p. 665-667, janvier 1907.
- CHAUVEAU A., « Allocution sur les membres disparus », *Comptes-rendus des Séances Hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, vol. CXLIV, n°12, p. 965-974, juillet 1907.
- COLLINOT A., « Entre vie et œuvre scientifiques : le chaînon manquant », *Critique*, n°781-782, p. 576-587, juin-juillet 2012.
- DEBEY, P., HÉLÈNE, C., « Pierre Douzou -1926-2000 », in : *Universalis 2001*, Encyclopaedia Universalis, Boulogne-Billancourt, p. 429-430, 2001.
- DELÉPINE, M., « Marcellin Berthelot (1827-1907) », in : *Figures pharmaceutiques françaises - Notes historiques et portraits (1803-1953)*, Société des Amis de la Faculté de Pharmacie de Paris, Paris, p. 143-148, 1953.
- DELÉPINE, M. « Souvenirs : Auguste Béhal (1859-1941) : II. La notation atomique », *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, n°165, pp. 301-308, avril-juin 1960.
- DOSSE F., *Le pari biographique. Écrire une vie*, La Découverte, Paris, 2005.
- DOUZOU P., *Cryobiochemistry. An introduction*, Academic Press, Londres, 1977.
- DURIS P., GOHAU G., *Histoire des sciences de la vie*, Nathan, Paris, p. 13, 1977.
- FOUGÈRE P., *Grands pharmaciens, leurs découvertes, leurs écrits*, Buchet-Chastel, Paris, p. 203-223, 1999.
- GAUTIER A., « L'œuvre de Berthelot », *La Revue Scientifique de la France et de l'Étranger*, vol. VII, n°13, p. 385-389, 30 mars 1907.

- GUITARD E.-H., « Le centenaire de Berthelot », *Bulletin de la Société d'Histoire de la Pharmacie*, vol. 16, n°57, p. 30-31, janvier 1928.
- HARISMENDY P., *Sadi Carnot. L'ingénieur de la République*, Perrin, Paris, 1995.
- HILDESHEIMER F., *Introduction à l'Histoire*, Paris : Hachette, 1994
- JACQUES J., « Professeurs et marchands », *Culture Technique*, n°23, p. 46-52, juin 1991.
- JACQUES J., *Berthelot - Autopsie d'un mythe*, Belin, Paris, 1987.
- JAUSSAUD P., « Les pharmaciens français dans les grandes institutions scientifiques », in : BOUR E., ROUX S., *Lambertiana, Philosophie et Langages*, Vrin, Paris, p. 71-95, 2010.
- JEANNENEY J.-N., « La bataille de la céruse », *L'Histoire*, n°417, p. 64-67, novembre 2015.
- JUNGFLEISCH E., « Sur la synthèse des matières organiques douées du pouvoir rotatoire. Production des acides tartriques droit et gauche, en partant du gaz oléfiant », *Comptes-Rendus des Séances Hebdomadaires de l'Académie des Sciences.*, vol. LXXVI, n°5, p. 286-290, février 1873.
- JUNGFLEISCH E., « L'œuvre chimique de Marcellin Berthelot - Leçon d'ouverture du Cours de chimie organique, faite au collège de France le 24 mars 1908 », *Revue Scientifique*, vol. X, n°2, p. 33-42, 11 juillet 1908.
- JUNGFLEISCH E., « Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot », *Bulletin de la Société Chimique de France*, vol. XIII, p. i-clx, 1913.
- KAESER M.-A., « La science vécue. Les potentialités de la biographie en histoire des sciences », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, n°8, p. 139-160, janvier 2003.
- KOPP R., « Cervantès Shakespeare - Le choc des titans », *Le Magazine Littéraire*, n°563, p. 67, janvier 2016.
- KOUNELIS C. « Émile Jungfleisch vs Pasteur, la synthèse asymétrique », in : LIVAGE J., « Histoire de la chimie au Collège de France », *La Lettre du Collège de France*, n°26, p. 34, juin 2009.
- LANGLOIS-BERTHELOT D., *Marcellin Berthelot. Un savant engagé*, J.-C. Lattès, Paris, 2000.
- LÉGER E., « Notice sur la vie et les travaux de Émile-Clément Jungfleisch », *Bulletin de la Société Chimique de France*, vol. XXI, pp. i-xxxiv, 1917.
- LIVAGE J. (2011) « De l'analyse à la synthèse, une science en constante évolution », *La Lettre du Collège de France*, n° 31, p. 18-23, juin 2011.
- MADELÉNAT D. *La biographie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1984.
- MÉDARD L., TACHOIRE H., *Histoire de la thermochimie : prélude à la thermodynamique chimique*, Presses Universitaires de Provence, Université d'Aix-Marseille, 1994.
- PÉTIT A., Marcellin Berthelot et le positivisme, in : BALCOU J., *Marcellin Berthelot (1827-1907) : sciences et politique*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, p. 81-103, 2010.
- VELLUZ L., *Vie de Berthelot*, Plon, Paris, 1964.