

le **cnam**

Cahiers d'histoire du Cnam

• vol. 2

Dossier

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam

Coordonné par Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau

2014 / Second semestre
(nouvelle série)



Cahiers d'histoire du Cnam

• vol. 2

Dossier

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam

Coordonné par Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau

2014 / Second semestre
(nouvelle série)

Cahiers d'histoire du Cnam. Vol. 2, 2014 / 2 (nouvelle série).

Dossier « L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam », coordonné par Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau.

Direction de la publication

Olivier Faron, *administrateur général du Conservatoire national des arts et métiers*

Éditeurs

Claudine Fontanon, André Grelon, Loïc Petitgirard, Jean-Claude Ruano-Borbalan

Comité de rédaction

Soraya Boudia, Jean-Claude Bouly, Serge Chambaud, Renaud d'Enfert, Claudine Fontanon, Virginie Fonteneau, Clotilde Ferroud, André Grelon, Loïc Petitgirard, Laurent Rollet, Jean-Claude Ruano-Borbalan

Comité de lecture

Jean-Michel Chezeau, Claudine Fontanon, André Gelon, Pierre Laszlo, Laurence Lestel, Laurent Rollet, Frédéric Seitz

Secrétariat de rédaction

Camille Paloque-Berges, assistée de **Sofia Foughali**

Laboratoire HT2S-Cnam, Case 1LAB10,

2 rue Conté, 75 003 Paris

Téléphone : 0033 (0)1 40 27 22 74

Mél : camille.paloque_berges@cnam.fr

sofia.foughali_sadji@cnam.fr

Maquettage

Françoise Derenne, *sur un gabarit original créé par la Direction de la Communication du Cnam*

Impression

Service de la reprographie du Cnam

Crédits, mentions juridiques et dépôt légal :

©Cnam

ISSN 1240-2745

Illustrations photographiques :

Archives du Cnam ou tous droits réservés

Fondateurs (première série, 1992)

Claudine Fontanon, André Grelon

Les 5 premiers numéros de l'ancienne série (1992-1996) sont disponibles intégralement sur le site Web du Conservatoire numérique du Cnam : <http://cnum.cnam.fr>

Sommaire

Dossier

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam	7
Introduction au dossier : <i>« Les liens entre chimie et industrie au cœur des enseignements de chimie au Cnam »</i> Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau	9
<i>« Du "Chemical Engineering" au "génie des procédés" (1888-1990). Émergence en France d'une science pour l'ingénieur en chimie »</i> Jacques Breysse	21
<i>« La carrière d'André Étienne, Professeur de chimie industrielle (1955-1980) au Cnam »</i> Gérard Emptoz	59
<i>« Henri Wahl (1909-2001), Directeur de l'ENSIC de Nancy (1956-1961), puis Professeur de chimie générale dans ses rapports à l'industrie au Cnam (1961-1978) »</i> Josette Fournier	79
Repères – Enquête d'acteur <i>« L'évolution de la chaire de chimie industrielle de 1935 à 2012 »</i> Alain Delacroix et Catherine Porte	103
Varia	115
<i>« Le Cnam : terrain de recherches énergétiques »</i> Mathieu Fernandez et Linnéa Rollenhagen Tilly	117



Dossier

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam

Coordonné par Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau

Introduction :

Les liens entre chimie et industrie au cœur des enseignements de chimie au Cnam

Gérard Emptoz

Professeur honoraire de l'université de Nantes, Commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, et vice-président du Club d'histoire de la chimie – SCF.

Virginie Fonteneau

Maître de conférences, GHDSO-EST, Université Paris Sud.

En 1970, onze chaires faisant l'objet d'enseignements spécifiques en chimie existaient au Cnam et deux de ces chaires se distinguent par leur intitulé généraliste et par leur ancienneté. Les chaires de *Chimie appliquée dans ses rapports à l'industrie et de Chimie industrielle* ont, en effet, été créées en 1819 et 1839 sous les intitulés de *Chimie appliquée aux arts* et de *Chimie appliquée à l'industrie*. Des chaires de chimie spécialisées sont apparues plus tard, mais sans remettre en question l'existence des premières, dont les intitulés ont peu changé.

Deux éléments sont importants pour comprendre l'ancienneté de ces deux chaires et le peu de changement de leur intitulé sur la longue période : premièrement, le fait que la technique est un caractère constitutif de la chimie, et, deuxièmement, la place de la chimie dans les activités industrielles du début du XIX^e siècle. Au cours de cette même période, cependant, une autre identité de la chimie se construit et s'impose en France, celle de la science chimique qui revendique son caractère

savant, tout en mettant à distance et en occultant son caractère technique et industriel. Il est donc remarquable que, dès le début du XIX^e siècle, au Conservatoire des arts et métiers, l'enseignement de la chimie soit lié de façon aussi explicite à l'industrie.

La généralité de l'intitulé des deux chaires leur confère une plasticité, une adaptabilité aux transformations de la chimie et de ses liens avec l'industrie. Au Cnam, ce sont au sein de ces deux chaires que vont se poser ou peuvent se poser les interrogations spécifiques concernant les rapports entre la chimie et l'industrie et, en conséquence, l'adéquation entre l'enseignement et les besoins de l'industrie. Le choix des chimistes titulaires de ces chaires est porteur d'un enjeu propre qui ne se retrouve pas dans le cas des chaires spécialisées de chimie. En effet, ces chimistes, par leur parcours, leur enseignement, leur recherche et leur positionnement, représentent, au sein du Cnam, une vision particulière de la chimie industrielle et de la chimie appliquée.

La chimie, un des premiers enseignements du Conservatoire des arts et métiers

D'emblée, il faut souligner qu'à l'inauguration des enseignements supérieurs techniques au Conservatoire en 1819, trois chaires ont été créées : en mécanique, en chimie appliquée et en économie industrielle. Ainsi, la chimie a tenu une place de choix dès les premières années de l'institution. Domaine en développement industriel sous la Restauration, avec l'émergence des premières grandes usines, les soudières, la chimie et ses applications vont se répandre en de nombreux secteurs de production. Les connaissances industrielles sont encore très empiriques, fondées sur des savoir-faire pour lesquels il apparaît la nécessité de faire pénétrer les connaissances de la chimie scientifique. Pour accompagner ce mouvement, le secteur a besoin de techniciens capables de diriger des opérations nouvelles, de plus en plus complexes. Les industries du gaz d'éclairage et celles du sucre de betterave en sont alors des exemples.

Le premier professeur de « Chimie appliquée aux arts » du Conservatoire est Nicolas Clément-Desormes, qui a fait partie du comité chargé par le Ministère de l'Intérieur d'examiner le projet de réforme proposé par Charles Dupin¹.

¹ Fontanon C. et Grelon A., « Deux siècles d'histoire », p. 29 (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 24-57).

Industriel et chimiste reconnu, Clément est conseiller de la Compagnie de Saint-Gobain en 1822 ainsi que conseiller pour les Salines de l'Est à partir de 1826². Le programme d'enseignement de Clément-Desormes comprend des leçons sur l'éclairage, des leçons sur la machine à vapeur, la métallurgie, la fabrication des acides et de la soude, la fabrication des sucres, la distillerie et la brasserie. Eugène Péligot prend la succession de Clément en 1841³. Il enseigne alors à l'École centrale des arts et manufactures le cours d'analyse chimique à la suite de Jean-Baptiste Dumas. Destinée à former des ingénieurs pour l'industrie privée, l'École centrale des arts et manufactures va dispenser dès sa fondation, en particulier sous l'impulsion du chimiste Dumas l'un des cofondateurs de l'école, un enseignement très solide en chimie théorique et pratique. À partir de 1834, Dumas ayant dû se faire suppléer, la chimie est enseignée dans un premier temps par Pelouze et Anselme Payen, puis après la démission de Pelouze à la fin de 1835⁴ par Péligot et Payen. Toutefois Dumas conserve son cours de chimie générale. Brongniart, son beau-père, donne des leçons sur les arts céramiques⁵. Pelouze puis Péligot

² Thépot A., « Clément, Nicolas, dit Clément Desormes (1778-1841). Professeur de Chimie industrielle (1819-1836) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 337-339).

³ Roth E., « Péligot, Eugène, Melchior (1811-1890). Professeur de Chimie appliquée aux arts (1841-1889) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 372-381).

⁴ [Archives de l'École centrale des arts et manufactures – Compte-rendu du conseil des études du 6 novembre 1835.]

⁵ [Archives de l'École centrale des arts et manufactures – Compte-rendu du conseil des études du 4 décembre 1837.]

se chargent de la chimie analytique avec des leçons sur les essais d'or et d'argent, sur les essais alcalimétriques, et sur les essais chlorométriques. En 1847, après quelques années d'enseignement au Cnam, Péligot propose d'ajouter des leçons de chimie appliquée à son cours d'analyse chimique de l'École centrale des arts et manufactures. Dumas propose et valide les sujets qui lui semblent pertinents. Le cours de Péligot traite dans un premier temps d'analyse organique en 10 leçons, puis de teinture (10 leçons) et de verrerie (10 leçons), et dans un second temps d'analyse minérale en 20 leçons « *entremêlées de 10 leçons d'application à l'extraction des métaux autres que le fer et aux alliages utiles à l'industrie, laiton, bronze, etc.* »⁶. Toujours à l'École centrale, Anselme Payen prend en charge les leçons de Dumas en chimie industrielle en 1835, la houille, le coke, l'extraction du soufre, son raffinage, la fabrication du sulfate de soude, de la soude et de l'acide muriatique (chlorhydrique)⁷.

Quatre ans plus tard, au Cnam, est ouverte une nouvelle chaire relative à la chimie, celle de chimie appliquée à l'industrie qui est attribuée à... Payen⁸. L'enseignement de Péligot et de Payen, à la fois à l'École centrale des arts et manufactures et au Conservatoire des arts

et métiers, dure jusqu'aux années 1870. Payen quitte l'École centrale en 1869, décède en 1871. Péligot démissionne de cette École quatre ans plus tard en 1873⁹ et continue son enseignement au Cnam jusqu'en 1889. Il prend aussi la charge de la chaire de chimie analytique de l'Institut national agronomique à sa réouverture en 1876 dans les locaux du Cnam. Dans cette période, les cours des deux chaires généralistes de chimie du Cnam ont donc une histoire commune avec les cours de chimie industrielle et de chimie analytique de l'École centrale des arts et manufactures. Ces deux institutions pionnières de haut enseignement technique sont des lieux d'expérimentation des cours de chimie utile à l'industrie. Ce que Payen et Péligot expérimentent à l'École centrale peut-être mis en application au Cnam et vice versa. Cette configuration de professeurs enseignant à la fois dans les deux écoles ne se retrouvera plus par la suite.

Plus complexes ont été les évolutions des enseignements consacrés à des domaines particuliers des industries chimiques. Il ne s'agit pas d'une filière unique, mais plutôt de plusieurs filières parallèles ou complémentaires, créées en réponse à des demandes particulières faites au Conservatoire. Par exemple, une chaire de « Céramique » est confiée en 1848 à J. Ebellen, directeur de la Manufacture de porcelaine de Sèvres,

⁶ [Archives de l'École centrale des arts et manufactures – Note annexée au conseil des études, 1835.]

⁷ [Archives de l'École centrale des arts et manufactures – Compte-rendu du conseil des études du 11 janvier 1847.]

⁸ Vigreux P., « Payen, Anselme (1795-1871). Professeur de Chimie appliquée à l'industrie (1839-1871) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 357-371).

⁹ [Archives de l'École centrale des arts et manufactures – Compte-rendu du conseil de perfectionnement du 30 septembre 1873.]

prématurément décédé en 1852¹⁰. La chaire devient alors «Teinture, impression et apprêt des tissus» confiée à Jean-François Persoz, un spécialiste de la teinture¹¹ (Bensaude-Vincent & Christophe, 1994). En 1871, le Conservatoire regroupe tous ces enseignements en une seule chaire. Victor de Luynes, élève de Dumas, en est le professeur jusqu'en 1904¹². Nous ne suivrons pas plus avant ces enseignements spécialisés en chimie qui mériteraient une étude et un volume en soi¹³.

Le Cnam est marqué par une période de déclin à partir de 1870 dans un contexte particulier marqué par un fort développement de cours techniques à Paris (Fontanon & Grelon, 1994, p. 40). Cette période se termine par une réforme importante en 1900 qui dote le Conservatoire d'un nouveau statut lui permettant de recevoir dons et legs, comme les universités en ont obtenu le droit en 1896. Cette période est riche de transformations pour l'enseignement technique supérieur, et en particulier pour la chimie avec

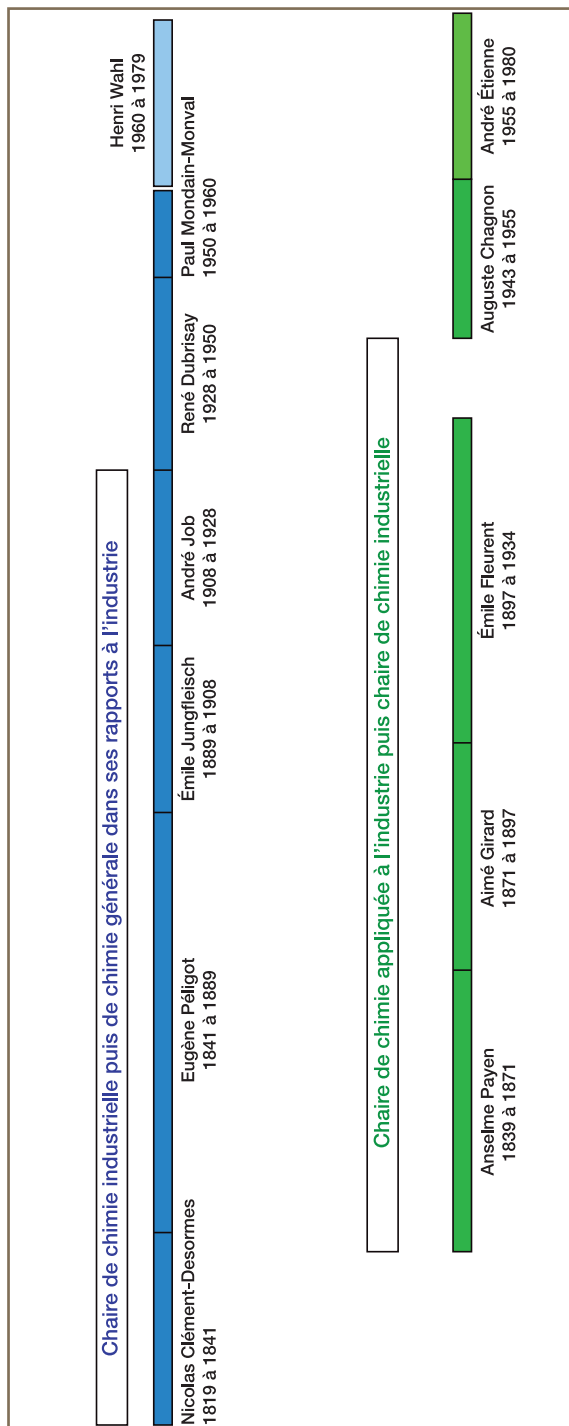
l'ouverture de l'École de physique et de chimie industrielle de la ville de Paris en 1882, de l'École de chimie industrielle de la ville de Lyon en 1883, puis l'essor des instituts de facultés (A. Grelon, 1989) où se construisent de nouveaux cursus de chimie spécialisée qui accompagneront la seconde industrialisation entraînant des transformations profondes de la chimie académique et industrielle, notamment en chimie organique (Caron, 2010, pp. 212-284). L'ouverture de cursus d'ingénieurs dans un paysage dominé jusqu'à présent par l'École centrale pour la formation des ingénieurs civils change profondément et sur le long terme le paysage de l'enseignement technique supérieur en France (Grossetti & Grelon, 1996). Le Cnam n'est pas à l'écart de ces transformations, loin de là, comme nous allons le voir dans l'évolution des deux chaires de chimie industrielle et de chimie générale.

10 Emptoz G., «Ebelmen, Jacques (1814-1852). Professeur de céramique (1848-1852)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 480-489).

11 Bensaude-Vincent B. et Christophe R., «Persoz Jean-François (1805-1868). Professeur de Teinture, impression et apprêts des tissus (1852-1868)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 389-398).

12 Emptoz G., «Luynes, Victor (de) (1828-1904) Professeur de Chimie appliquée aux industries de teinture, céramique et verrerie (1868-1904)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 151-158).

13 Pour un bref aperçu de ces enseignements, voir l'ouvrage rédigé collectivement par les professeurs du Cnam (Collectif, 1970).



Deux approches de l'enseignement de la chimie dans ses rapports à l'industrie

Le choix des successeurs de Payen et Pélégot jusque dans l'entre-deux-guerres révèle à la fois des logiques classiques d'institution dans leur maturité et l'état institutionnel de la chimie de l'époque, notamment l'influence des « patrons » académiques de la chimie ainsi que l'émergence des nouvelles écoles de chimie créées à partir des années 1880. En regardant l'évolution de ses deux chaires sur une période historique allant des années 1820 aux années 1970 se dégagent deux approches distinctes de l'enseignement de la chimie dans ses rapports à l'industrie. Ceci n'est *a priori* pas spécifique au Cnam mais y est nettement visible. Le tableau présente l'ensemble des professeurs qui se sont succédé dans l'enseignement des deux filières généralistes de la chimie au Cnam.

En 1871 au décès de Payen, Aimé Girard (1830-1898), entré au laboratoire de Pelouze en 1857, enseigne la technologie chimique à l'Institut national agronomique où, de son côté, Pélégot est chargé du cours de chimie analytique qui se tient dans les mêmes locaux que ceux du Cnam. C'est Girard qui est choisi devant Auguste Lamy, enseignant à l'École centrale des arts et manufactures, pour remplacer Anselme Payen. Selon Pierre Vigreux, Girard

fait son cours dans la lignée de celui de Payen¹⁴. Le fait de connaître un candidat dont on connaît les qualités pédagogiques parce qu'il est déjà suppléant d'un cours, ou que l'on côtoie en tant que collègue est un facteur important dans le recrutement d'un professeur mais ce n'est pas le seul. Au cours du XIX^e siècle, le poids de certains chimistes académiques qui veulent placer leurs élèves devient aussi un facteur important. C'est ainsi le cas pour Émile Jungfleisch, qui a tout d'abord été répétiteur d'Aimé Girard avant d'être proposé comme successeur de Pélégot, mais qui est aussi élève de Berthelot. Au décès de celui-ci d'ailleurs, Jungfleisch postule à la chaire du Collège de France occupée par Berthelot, l'obtient et démissionne du Cnam¹⁵. Le successeur de Jungfleisch est André Job, soutenu par Paul Sabatier. Job s'est confronté aux questions d'enseignement de la chimie en lien avec l'industrie pendant quelques années à la faculté des sciences de Rennes mais son expérience de ces questions au moment de son recrutement au Cnam reste limitée. Ingénieur-conseil aux Tréfileries du Havre de 1917 à 1927, il accède à deux positions influentes en chimie en 1921 comme membre du conseil scientifique de la Fondation

¹⁴ Vigreux P., « Girard, Aimé (1830-1898). Professeur de Chimie industrielle (1871-1897) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 555-566).

¹⁵ Kounelis C., « Jungfleisch Émile (1839-1916). Professeur de Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie (1890-1908) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 721-729).

Solvay et comme secrétaire général de la Fondation Edmond de Rothschild¹⁶.

Le successeur de Job est René Dubrisay, un élève de Henry Le Chatelier, dont l'influence, dans cette période, est grande en particulier sur les questions de science industrielle. René Dubrisay ne suit cependant pas le même chemin de son maître et son activité au Cnam ne semble avoir eu que peu de rapport avec l'industrie¹⁷. Son successeur, Paul Mondain-Monval est également un élève de Henry Le Chatelier, avec qui il a préparé sa thèse. Il montre plus d'intérêt pour l'industrie que son prédécesseur en s'intéressant notamment à la valorisation des sous-produits de fabrication¹⁸.

Du côté de la chaire de chimie industrielle, le successeur d'Aimé Girard est Émile Fleurent, sorti de la deuxième promotion de l'École de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris. Il est aussi, à partir de 1890, préparateur du cours de Girard au Cnam¹⁹. La filiation entre les deux cours est réelle. Fleurent enseigne trois parties au Cnam, première-

ment la grande industrie chimique avec une partie majeure sur les engrais, deuxièmement les industries basées sur l'utilisation des matières premières végétales, et troisièmement les industries basées sur les matières premières animales. Pour Fleurent, «*le rapport qui existe à l'origine, entre ces matières premières, indique immédiatement qu'une grande partie du cours relève du domaine de l'agriculture dont il doit s'efforcer d'analyser et de coordonner les divers intérêts*»²⁰. Fleurent n'oublie pas de souligner l'importance de l'aspect économique. La chaire de chimie industrielle est supprimée en 1934 pour raison budgétaire, mais elle est réouverte cinq ans plus tard, en 1943 sous le nom de chaire de Chimie industrielle appliquée aux matières organiques. La filiation avec l'ancienne chaire est bien respectée. C'est un centralien, Auguste Chagnon qui est recruté²¹. Celui-ci enseigne la chimie minérale à l'École centrale des arts et manufactures jusqu'en 1943 au moment de son recrutement au Cnam. Le cours de Chagnon est cependant structuré très différemment de celui de Fleurent. Il est divisé en quatre grandes parties, premièrement, les méthodes et l'appareillage pour la préparation des matières premières et leurs transformations, deuxièmement, la grande industrie vue à partir des matières organiques naturelles et à partir des matériaux de synthèse, troisièmement, les substances explosives, quatrièmement, la petite industrie chimique. Selon

16 Charpentier-Morizé M., «Job, André (1870-1928). Professeur de chimie générale dans ses rapports avec l'industrie (1908-1928)» (in Fontanon & Grelon, pp. 711-720).

17 Charpentier M., «Dubrisay René (1880-1960). Professeur de chimie générale dans ses rapports avec l'industrie (1928-1950)» (in Fontanon & Grelon, pp. 451-457).

18 Izoret G., «Mondain-Monval Paul (1898-1960). Professeur de Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie (1950-1960)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 284-292).

19 Emptoz G., «Fleurent Émile (1865-1938). Professeur de chimie industrielle (1898-1934)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 504-509).

20 Émile Fleurent, «Exposé des titres et des travaux scientifiques de M. Émile Fleurent», 1929.

21 Izoret G., «Chagnon, Auguste (1885-1974). Professeur de Chimie industrielle (1943-1955)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 308-314).

Georges Izoret, son orientation vers l'appareillage et le «génie chimique» lui aurait été fortement reprochée lors de son recrutement au Cnam. Il est cependant élu face à un chimiste aux publications académiques plus renommées, Henri Gault.

En étudiant l'évolution de ces deux chaires, se dégagent à partir de la fin du XIX^e siècle deux façons d'embrasser la chimie dans ses rapports à l'industrie. La première, celle de Le Chatelier, est d'enseigner les connaissances scientifiques qu'elles soient chimiques, physiques ou mathématiques d'un corps à étudier. Ce caractère générique se retrouve dans l'intitulé de la chaire à partir de Péligot, avant la formulation par Le Chatelier de sa conception de la science industrielle. Il n'est donc pas issu de l'action de Le Chatelier. En revanche, ceci permet de comprendre pourquoi les élèves de Le Chatelier sont investis préférentiellement dans cette chaire, et de retrouver des éléments sous l'influence de son enseignement. Ainsi, selon Georges Izoret le cours de Paul Mondain-Monval est un cours classique de chimie générale en première année, suivi en deuxième année de cours de cinétique, de thermodynamique, de thermochimie, et d'équilibres (Izoret, 1994, p. 289). La deuxième façon d'embrasser la chimie dans ses rapports à l'industrie est de choisir comme critère structurant le cours, non le composé à produire et les lois associées à ce corps, mais les matières premières, c'est ce qui ressort des cours d'Aimé Girard et de Fleurent, ou encore l'appareillage et les dispositifs industriels tel que le fait Chagnon.

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie des procédés au Cnam dans les années 1950-1970

Ces questions de structuration des cours de chimie sont toujours d'actualité dans la période des années 1950-1970. Les articles de Josette Fournier sur Henri Wahl, professeur à la chaire de chimie générale appliquée à l'industrie (1961-1979), et de Gérard Emptoz sur André Étienne, professeur à la chaire de chimie industrielle (1955-1980), et celui d'Alain Delacroix sur la période suivante apporteront un éclairage important sur ce sujet dans le contexte de l'après seconde guerre mondiale.

Les années 1950-1970 sont marquées par des débats importants sur les liens entre sciences et industrie, ainsi que sur la place de la recherche scientifique, cette réflexion est particulièrement nourrie par le modèle des États-Unis. Cette période est également marquée pour le Cnam par un paysage de l'enseignement technique qui a profondément changé. Après la seconde guerre mondiale, les questions de formation et de pénurie de techniciens et d'ingénieurs resurgissent et sont étudiées par la commission Langevin-Wallon. Dès 1947, les Écoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs sont conçues pour homogénéiser et remplacer les anciens instituts des Facultés des sciences. Par ailleurs des formations d'ingénieurs échappant au moule des grandes Écoles sont ouvertes,

comme les Instituts Nationaux de Sciences Appliquées (INSA) à partir de 1957, et les Écoles nationales d'Ingénieurs (ENI) à partir de 1961. Des cursus plus courts sont également créés, les Sections de techniciens supérieurs (STS) en 1959, et les Instituts universitaires de technologie à partir de 1966. Enfin la première Université de Technologie accueille ses étudiants en 1972 à Compiègne (Lamard et Lequin, 2005). C'est dans cette période que s'implantent de nouvelles disciplines pour l'ingénieur, en particulier le génie chimique.

Dans cette période et dans ce paysage nouveau, le Conservatoire national des arts et métiers conserve une position originale avec un enseignement de haut niveau tourné vers les applications industrielles et refusant l'élitisme.

Les transformations concernant ces deux chaires généralistes sont liées de façon indissociable au contexte industriel, économique et social de chaque période. Ce contexte est international, essentiellement européen pour la majeure partie du XIX^e siècle, puis américain lorsque les États-Unis deviennent un acteur de premier plan au XX^e siècle. Cette dimension internationale est essentielle pour étudier l'émergence et la formalisation de l'enseignement de nouvelles pratiques industrielles en chimie, celle du génie chimique ou plus justement du « Chemical Engineering ».

Dans son article sur la mise en place du génie chimique en France à partir du « Chemical Engineering » codifié aux États-

Unis, Jacques Breysse montre comment l'émergence dans l'industrie d'une chimie de l'ingénieur et de son enseignement se fait sur des bases différentes en Allemagne et en France. Il montre également que, si le modèle qui s'impose finalement est celui des États-Unis, il ne vient pas occuper une place vide. Se met en place en France et en Allemagne, une science de l'ingénieur en chimie mais avec des choix différents. Cependant, il semble que les mouvements soient les mêmes. Il ne s'agit pas d'une évolution venant de la chimie vers l'ingénierie, mais plutôt l'inverse, de l'ingénierie vers la chimie. La question de savoir s'il faut introduire le génie chimique dans les enseignements se pose également aux deux titulaires des chaires, Henri Wahl et André Étienne. L'article d'Alain Delacroix montre également que ces enjeux et ces choix sont présents au Cnam jusqu'au regroupement des deux chaires en 2012.

Un numéro biographique adossé à un projet prosopographique

Ce numéro des *Cahiers d'histoire du Cnam* fait suite à une demi-journée d'étude qui s'est déroulée le 13 juin 2013 au Conservatoire national des arts et métiers sur le thème de l'enseignement de la chimie industrielle et du génie des procédés au Cnam (1950-1970) dans le cadre du projet de suite au dictionnaire biographique des Professeurs du Conservatoire national des Arts et Métiers (1794-1955) qui avait été publié en 1994 sous la direction de Claudine Fontanon et André Grelon.

Les études biographiques et prosopographiques ont été l'objet d'une attention croissante des chercheurs ces dernières années, notamment en histoire des sciences. De nouveaux chantiers ont été ouverts comme le projet de dictionnaire de la faculté des sciences de Paris, ou le dictionnaire de la faculté des sciences de Nancy, dirigé par Laurent Rollet et Philippe Nabonnand, qui, du point de vue méthodologique, ont également organisé deux colloques et dirigé un ouvrage intitulé *Les uns et les autres... Biographies et prosopographies en histoire des sciences*. Pour n'en citer qu'un seul autre, citons également l'ouvrage dirigé par Christiane Demeulenaere-Douyère et Armelle Le Goff, *Histoires individuelles, histoires collectives. Sources et approches nouvelles*. L'entrée par les acteurs qu'ils soient individuels ou collectifs permet

également d'étudier les relations entre individus et institutions dans lesquelles ils s'investissent, de faire varier les échelles d'analyse, notamment en mettant en évidence les jeux de contraintes entre le local et le national, comme le montre l'ouvrage *Espaces de l'enseignement scientifique et techniques: Acteurs, savoirs, institutions, XVII^e-XX^e siècles*, paru en 2011.

Ce numéro des *Cahiers d'histoire du Cnam* articule la démarche biographique à la démarche prosopographique du dictionnaire. Des articles plus longs y offrent l'opportunité à Josette Fournier et Gérard Emptoz de développer le travail de recherches qu'ils avaient mené sur Henri Wahl et André Étienne. Surtout, d'un point de vue méthodologique, en les adossant à deux autres articles – le premier sur le développement du génie chimique par Jacques Breyse et le second, un témoignage écrit par Alain Delacroix et Catherine Porte – il s'agit d'ouvrir trois portes d'entrée que sont les acteurs, les lieux et les contenus pour questionner la transformation de la chimie industrielle au niveau national et de son enseignement dans ses interactions avec une institution de haut enseignement, le Conservatoire national des arts et métiers pour la période de l'après seconde guerre mondiale.

Bibliographie

Caron F. (2010). *La dynamique de l'innovation*. Paris : Éditions Gallimard.

Collectif (1970). *Cent cinquante ans de haut enseignement technique au Conservatoire national des arts et métiers*. Cnam, Paris (1970).

Demeulenaere-Douyère C. et Le Goff A. (dir.) (2013). *Histoires individuelles, histoires collectives. Sources et approches nouvelles*. Paris : Éditions du CTHS.

D'Enfert R. et Fonteneau V. (dir.) (2011), *Espaces de l'enseignement scientifique et technique : Acteurs, savoirs, institutions, xvii-xx^e siècles*. Paris : Hermann.

Fontanon C. et Grelon A. (dir.) (1994), *Les Professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955*. Paris : INRP/Cnam (Collection Histoire biographique de l'enseignement, 2 volumes).

Grelon A. (1989). «Les Universités et la formation des ingénieurs en France (1870-1914)», *In* L. Tanguy, R. Cornu, A. Grelon, J.-P. Briand, J.-M. Chapoulie, *Enseignement technique et professionnel : repères dans l'histoire, 1830-1960*, collection Formation – Emploi, n° 27-28, pp. 65-88.

Grossetti M., Grelon. A, *et al.* (1996). *Programme Villes et institutions scientifiques*, Rapport final, Pirvilles.

Lamard P. et Lequin Y.C. (2005). *La technologie entre à l'université*. Belfort : UTBM collection Récits.

Rollet L. et Nabonnand P. (dir.) (2013), *Les uns et les autres... Biographies et prosopographies en histoire des sciences*. Nancy : Presses Universitaires de Nancy.

Du « Chemical Engineering » au « génie des procédés » (1888–1990). Émergence en France d'une science pour l'ingénieur en chimie

Jacques Breyse

Club d'histoire de la chimie.

Résumé

L'objectif de cet article est de rappeler les grandes étapes du développement du génie chimique en France au cours du xx^e siècle. Nous évoquerons préalablement à titre comparatif quelle a été l'émergence de cette discipline dans deux autres pays, les États-Unis et l'Allemagne. Nous abordons la naissance du Chemical Engineering aux États-Unis, au Massachusetts Institute of Technology (MIT), marquée par le concept des « opérations unitaires » (Unit actions) apparue en 1917. Puis, nous évoquons le cas de l'Allemagne, où l'approche des questions de développement industriel a été très différente – association étroite de chimistes et d'ingénieurs – dans le contexte d'une industrie chimique allemande très puissante. En ce qui concerne la France, notre point de départ a été la situation de la chimie industrielle et de son enseignement au début du xx^e siècle et au moment de la première guerre mondiale, avec en particulier la « crispation » des chimistes pour la défense de leur profession. Enfin sont abordés les aspects plus factuels relatifs à l'émergence du génie chimique en France dans le monde académique, à partir des années 1950 notamment à Toulouse et à Nancy, en rappelant les événements et dates les plus significatives.

Le génie chimique est apparu en France, dans les années qui ont suivi la fin de la deuxième guerre mondiale, avec la fondation de l'Institut du Génie Chimique (IGC) à Toulouse en 1949 par le Professeur Joseph Cathala (1892-1969). Dans un article publié en 1951, ce dernier définissait alors le génie chimique comme suit : « *Le génie chimique peut être défini comme la branche spéciale de la chimie qui a pour objet de concevoir, calculer, dessiner, faire fonctionner l'appareillage dans lequel on réalisera une réaction chimique quelconque à l'échelle industrielle. Nous avons été amenés à introduire ce terme nouveau de « génie chimique » pour rendre compte d'une manière correcte du terme « chemical engineering » devenu, depuis bientôt trente ans, d'un usage courant dans les Pays anglo-saxons et spécialement l'Amérique du nord* » (Cathala, 1951, pp. 1-7).

Le génie chimique n'a cessé depuis lors de se développer et le premier objectif de ce travail a été de rappeler les

grandes étapes de ce développement, en particulier dans le cas de deux Écoles, l'IGC déjà nommé et celui de l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de Nancy (ENSIC), jusqu'à sa généralisation dans les années 1980 à tout type de «procédé de transformation», d'où le terme de «génie des procédés» et cette nouvelle définition: «[...] l'ensemble des connaissances nécessaires pour concevoir, analyser, développer, construire et faire fonctionner d'une manière optimale les procédés dans lesquels la matière change: de forme, d'état d'agrégation ou de dispersion d'état physique ou de propriétés physico-chimiques de nature chimique» (Villiermaux *et al.*, 1983, p. 19 et suivantes).

Le génie chimique/génie des procédés se caractérise par un ensemble de méthodes et de concepts généraux, applicables à tout procédé de transformation, indépendamment des substances mises en œuvre et de la taille des installations¹ (Villiermaux *et al.*, 1983, pp. 9-22; Villiermaux, 1993). Plus précisément, on peut mentionner:

- le découpage fréquent du procédé en un enchaînement plus ou moins important d'opérations élémentaires (*Unit Operations*) où chacune d'entre elles

donne lieu à un «corpus» original de connaissances². À titre d'exemple on peut citer celui de la «distillation», constitué par de nombreuses interactions entre thermodynamique (équilibres liquide/vapeur), mécanique des fluides («hydrodynamique» des internes³), transferts de matières et d'énergie, technologie des matériaux constituant les internes, corrosion (réactions matériaux/produits), processus de conduite et de contrôle...;

- une approche systémique où l'on prend en compte simultanément les bilans matières, d'énergie et de quantité de mouvements, autant au niveau des opérations élémentaires qu'au niveau global du procédé;
- le couplage entre réactions chimiques et phénomènes de transport ou de transfert;
- la mise en œuvre de méthodes de modélisations sinon originales, du moins adaptées et développées à des cas très variés;
- la prise en compte de facteurs technico-économiques et environnementaux.

Le deuxième objectif a été d'examiner et de comparer les différentes approches en matière d'éducation et de

¹ La reconnaissance du *Chemical engineering* comme une discipline scientifique spécifique, a été mise en exergue par James Wei en 1985, et reprise par Villiermaux (1993), en identifiant, dans l'esprit des travaux de Thomas S. Kuhn, un ensemble de "paradigmes" tout à fait caractéristiques d'une science cohérente (Wei, 1985; Kuhn, 1983).

² Cette méthodologie a été la base du développement du *Chemical Engineering* aux États-Unis: voir plus loin le paragraphe concernant le développement du concept (chapitre «États-Unis»).

³ Parties «internes» des colonnes et autres équipements de distillation. Il s'agit par exemple de plateaux (perforés, à cloches), ou de «garnissages» vrac (empilement de matériaux de remplissage présentant un grand rapport surface/volume: anneaux de Raschig...) ou ordonnés (structure à enchevêtrement complexe).

formation pour les questions d'industrialisation en chimie, entre la France, les États-Unis, et l'Allemagne. Tous les pays n'ont pas eu la même approche et le même cheminement en la matière, mais tous (et non seulement ceux que nous avons choisis d'évoquer⁴) se sont toutefois progressivement ralliés au Chemical Engineering⁵, né et développé aux États-Unis au début du xx^e siècle: «*intelligent training is a source of power and a factor in the relative growth of nations as well of individuals. If commercial supremacy is to be won for America, it must be won only by means of the best equipment, of the most efficient means of the highest training*»⁶.

Le développement du "Chemical Engineering" aux États-Unis

Il existe une littérature très abondante relative à l'histoire du CE⁷ aux États-Unis. Il faut mentionner, entre autres, les deux ouvrages généraux de William A. Furter, ceux de Terry S. Reynolds et de Nikolaos A. Peppas (Furter, 1980, 1982; Reynolds, 1983; Peppas, 1989). Mais, dans ce qui suit, nous ferons

⁴ Voir par exemple Peppas (Peppas, 1989) à propos des Pays-Bas et de l'Inde.

⁵ Un congrès mondial de la discipline (World Congress of Chemical Engineering, WCCE) sera instauré tous les quatre ans. Le premier s'est tenu à Montréal en 1981.

⁶ Déclaration d'Henry Pritchett, Président du MIT en 1904, citée par Lécuyer (Lécuyer, 1995, p. 54).

⁷ Dans tout ce qui suit, nous utiliserons l'abréviation CE, en lieu et place du terme Chemical Engineering.

aussi référence à plusieurs articles de synthèse: d'une part ceux de Hougen et Scriven (Hougen, 1977; Scriven, 1991), et à celui de Christophe Lécuyer d'autre part (Lécuyer, 1995) concernant l'histoire du MIT au tournant du siècle.

Une première initiative au Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1888

Le MIT a été fondé en 1861 par des «*technologues*» d'origine variée (enseignants, ingénieurs, physiciens, industriels), avec l'objectif de mettre en œuvre de nouvelles formes d'enseignement de la technologie⁸, en réaction en particulier aux études classiques «*which served the persistent conservatism of a privilege (class) and of colleges like Harvard that offered such courses*»⁹.

Après un certain succès, puis une période difficile au milieu des années 1870, le MIT est reparti de plus belle à partir des années 1880, avec une nouvelle génération d'administrateurs, en général ingénieurs d'origine. Ils développèrent l'institution en s'appuyant toujours sur les *Teaching Laboratories*, une des originalités du MIT depuis sa création, et

⁸ Au départ, le MIT rassemblait divers instituts et/ou organisations: «*The school of industrial science, the school of mechanic arts, the Lowell school of practical design, and the Society of Arts*».

⁹ Bigelow, J (1865). *An Address on the Limits of Education Read Before the Massachusetts Institute of Technology*. Boston: Dutton & Company, p. 25 (cité par Lécuyer, 1995).

transformèrent certaines des organisations présentes en *Engineering Schools*. En 1890, le MIT était la plus importante école de ce type aux États-Unis, drainant le quart des étudiants du domaine.

C'est dans ce contexte que les administrateurs confièrent au Professeur Norton le soin de lancer en 1888 un *Chemical Engineering degree*. Lewis M. Norton (1855-1893) avait étudié la chimie au MIT, et après deux années comme *Assistant*, était parti en Allemagne préparer une thèse qu'il soutint en 1879. À son retour aux États-Unis, il passa deux années dans une entreprise industrielle, avant de rejoindre le MIT en 1881¹⁰. Durant son passage dans l'industrie il put se rendre compte des problèmes d'ingénierie du monde industriel, non seulement dans le domaine textile qui était celui de l'entreprise où il travaillait, mais plus généralement dans les domaines de la construction et de la régulation des fours, ainsi que de la fabrication de matières organiques. En 1888, il proposa donc au MIT un nouveau programme original, intégrant des parties de *Mechanical Engineering* à de la «chimie appliquée», des enseignements de chimie industrielle, ainsi que des travaux de laboratoire¹¹, programme qu'il appela CE. Ces propositions furent acceptées et les cours commencèrent en

septembre 1888. Norton mourut malheureusement très jeune (à trente-huit ans), et ses successeurs (Frank Drown de 1893 à 1895, puis Frank Thorp de 1895 à 1902) revinrent à une vision plus classique d'enseignements disjoints de *Mechanical Engineering* et de chimie industrielle¹².

La naissance et l'essor du CE en 1902

En 1902, William Hurts Walker (1869-1934) est engagé par le nouveau Président du MIT, Henry Pritchett, nommé deux ans auparavant à la tête de l'établissement. Walker avait fait des études de chimie au Pennsylvania State College, où il avait obtenu son diplôme en 1890. Élève brillant, il obtint une bourse pour faire une thèse en Allemagne, plus précisément à Göttingen¹³. À son retour, après avoir occupé des postes d'enseignants, il rejoint en 1900 Arthur Dehon Little (1863-1935) dans sa société de consultants en chimie industrielle.

Walker est appelé par Pritchett pour rénover l'enseignement de laboratoire de CE. Il accepte cette mission, tout en conservant un partenariat avec Little, partenariat qui perdurera jusqu'en 1905.

¹⁰ G. C. Williams et J. E. Vivian, «Pioneers in Chemical Engineering at M.I.T.» (*in Furter*, 1980, p. 113).

¹¹ Il y avait par exemple un cours de *Chemical Machinery* d'un point de vue ingénieur (pompes, appareil de réfrigération, filtre-presses, techniques d'évaporation sous vide) et un cours de chimie appliquée (équipement) (Scriven, 1991, p. 11).

¹² Des enseignements de ce type, *Mechanical Engineering* et chimie industrielle, prénommés aussi *Chemical Engineering* vont apparaître dans d'autres universités (Minnesota 1891, Pennsylvanie 1892, Tulane 1894 et Michigan 1898).

¹³ L.E. Scriven rappelle qu'entre 1850 et les débuts de la première guerre mondiale, près de 1 000 étudiants en chimie vont obtenir des bourses pour aller en Allemagne afin de compléter leurs études (Scriven, 1991).

Dans un contexte où il y eut beaucoup de débats d'idées (Scriven, 1991, p. 12), il va immédiatement s'impliquer fortement et réfléchir à comment améliorer le contenu du programme d'enseignement, en s'inspirant notamment de l'ouvrage que venait de publier en 1901 un ingénieur-conseil anglais, Georges E. Davis (1850-1907), *Handbook of Chemical Engineering* (Davis, 1901)¹⁴.

Pendant cette période, plusieurs stratégies de développement se sont affrontées, à l'instigation et en réaction aux idées de Pritchett. Ce dernier est décrit par Lécuyer comme un « *industrial nationalist* », qui essaya de transformer le MIT en une institution nationale contribuant à la croissance industrielle du pays et à l'aider dans sa compétition avec les autres pays industrialisés.

C'est sur ces bases qu'il décida d'embaucher de grands professionnels, comme Walker, qui institutionnalisa la recherche (par la création de laboratoires de recherches), mit sur pied des programmes d'enseignement structurés, et essaya de beaucoup développer les relations avec l'industrie. Il proposa enfin une fusion du MIT avec la Lawrence Scientific School de Harvard. Les idées de Pritchett reçurent un accueil mitigé. À propos de ces différentes stratégies, un texte de Dugald Jackson¹⁵, spécialiste de *Electrical engineering*, illustre bien les idées d'un des groupes de pression, celui auquel Walker appartenait : « *Engineering demands industrial engineers – men with an industrial training of the highest type, competent to conceive, organize and direct extended industrial enterprises of broadly varied character. [...] Moreover, they must know men and the affairs of men – which is sociology; and they must be acquainted with the business methods and the affairs of the business world.* »

Autorisation aimable de la Chemical Heritage Foundation



William H. Walker

¹⁴ L'ouvrage aura une 2^e édition en 1904 en deux volumes. L'organisation de l'ouvrage, le titre des chapitres, sont vraiment les prémices de ce que seront ultérieurement les « opérations unitaires ». Voir à ce sujet Jacques Breysse, « Du génie chimique au génie des procédés », *Mémoire de DEA*, CNAM-CDHTE, 2004.

¹⁵ Cité par Lécuyer (1995, p. 62).

À partir de 1905, dans le cadre du département de chimie, Walker fait évoluer le programme du travail de laboratoire et réorganise les cours. Il va apporter beaucoup d'enrichissements par rapport au premier contenu de Norton, incorporant – en liaison avec Arthur Noyes, Professeur de chimie – de la chimie physique, de la thermodynamique, de la technologie qui était déjà abordée en Allemagne à l'époque (transfert de chaleur, distillation et mécanique des fluides), ainsi que de la corrosion. Le programme prit une forme quasi définitive à partir de 1907.

En 1908, Warren K. Lewis, ancien élève de Walker, après avoir préparé lui aussi une thèse en Allemagne, vint renforcer l'équipe enseignante. Ce dernier entreprit des travaux dans les domaines de la distillation, filtration, écoulement des fluides, transfert de chaleur, travaux qui seront publiés dans une nouvelle revue (1908), *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Après le départ de Noyes pour la Californie, qui entraîna une rupture entre chimistes et *chemical engineers*, un département autonome de CE est créé en 1920, département dont Lewis prit la Direction, après la démission de Walker (Scriven, 1991, p. 18).

Fondation de l'American Institution of Chemical Engineers (AIChE) en 1908

En 1905, Richard K. Meade, fondateur du périodique *The Chemical Engineer* l'année précédente, suggérait à ses lecteurs la création d'une association de *chemical engineers*. Le 22 juin 1908, une assemblée générale fut organisée à Philadelphie pour sa constitution, et prit le nom d'American Institution of Chemical Engineers (AIChE). Samuel Sadtler fut élu président et John Olsen secrétaire général. Dans un premier temps les objectifs prioritaires furent d'une part, d'éviter un conflit direct avec l'American Chemical Society (ACS)¹⁶ et, d'autre part, de préciser les contours et le contenu de la discipline. En ce qui concerne le premier point, la position de l'AIChE fut d'adopter des conditions d'adhésion très sévères : pour devenir membre il fallait avoir au moins 30 ans, être compétent en chimie et dans un domaine relevant de l'*engineering*, enfin avoir une expérience professionnelle industrielle si on n'était pas enseignant¹⁷. Dans ces conditions, l'association eut une croissance relativement faible en termes de membres : 40 en 1908, 118 en 1910, mais

¹⁶ L'ACS, en la personne, entre autres, de son Président T. S. Bogert, avait manifesté une forte opposition à la création de l'association. L'ACS mettra en place la même année une division en son sein, « Industrial Chemistry and Chemical Engineering » et lancera le *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.

¹⁷ Pour être membre actif, il fallait avoir un métier dans le domaine ou faire de la chimie appliquée, avec une expérience d'au moins 10 ans en l'absence de formation académique, dont cinq de fabrication (Reynolds, 1983, p. 5).

encore seulement 344 en 1920. Par ailleurs, elle adopta une position prudente et conciliante dans les domaines où il y avait recouvrement avec l'ACS et mit en relief leur complémentarité.

Pour préciser les contours du domaine, l'association décida de se pencher sur les aspects éducatifs. Dès décembre 1908, l'AIChE mit en place un *Committee on Chemical Engineering Education*. Il fut chargé de définir, via des discussions et un questionnaire, ce qu'un programme d'enseignement devait inclure. Reynolds remarque à ce sujet : « *This Committee was the most dynamic and innovative element within the Institute over most of the next two decades and made it a major forum for discussing and exploring various experiments in chemical engineering education and various views on how chemical engineers should be trained* » (Reynolds, 1983, p. 11). C'est également à cette époque qu'un événement important va permettre de conforter les idées émergentes relatives au CE et à son intérêt en termes de développement industriel. Au cours de 1917, les Américains, pour aider leurs alliés dans le conflit avec l'Allemagne, vont lancer la fabrication de masques à gaz et démarrer un programme de recherche sur les gaz de combat. En juin 1917, le National Research Council (NRC) décide de construire, d'abord un immense complexe de laboratoires à Washington, ensuite, à partir de novembre 1917, une usine pour la fabrication des gaz : l'arsenal d'Edgewood (Ndiaye, 2001, pp. 83-90). Il est intéressant de noter qu'une partie de l'encadrement du MIT (chimistes et *chemical engineers*) va

être impliquée dans l'opération : Walker (Responsable de l'arsenal), Noyes, Lewis, McAdams... : « *Le programme de fabrication des gaz mobilisa les ingénieurs les plus en pointe, les croisés du génie chimique, qui, outre leurs motivations patriotiques, virent dans l'aventure l'occasion de démontrer leurs compétences.* » (Ndiaye, 2001, p. 86). Les conditions de travail étaient très dures (hygiène, sécurité), mais l'expérience très formatrice sur les aspects « industrialisation ».

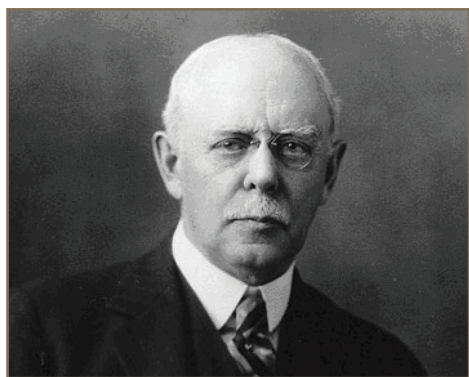
En novembre 1918, Edgewood produisait chaque jour plus de gaz que la France et le Royaume-Uni réunis ! Après l'armistice, l'arsenal fut partiellement démantelé, mais certaines fabrications maintenues, avec de nouvelles mises en œuvre (gaz lacrymogènes).

Le concept des *Unit Operations* (opérations unitaires)

Walker va donc intégrer de nouvelles disciplines scientifiques (chimie physique, thermodynamique) à celles plus traditionnelles déjà prises en compte (transfert de chaleur, distillation, évaporation, mécanique des fluides,...). Progressivement le concept de « *Unit Operations* » va se pouvoir se développer et sera formalisé dans un rapport célèbre d'Arthur Little en 1915¹⁸ :

¹⁸ Arthur D. Little, « Report to the Corporation of MIT », décembre 1915, cité dans le chapitre 1 « Chemical Engineering Research, Lifeblood of American Industry » (Kirkpatrick, 1933, p. 5).

Any chemical process, in whatever scale conducted, may be resolved into a coordinated series of what may be termed «unit actions»¹⁹, as pulverizing, mixing, heating, roasting, absorbing, condensing, lixiviating, precipitating, crystallizing, filtering, dissolving, electrolyzing and so on. The number of these basic unit operations is not very large and relatively few of them are involved in any particular process. The complexity of chemical engineering results from the variety of conditions as to temperature, pressure, etc.... under which the unit actions must be carried out in different processes and from the limitations as to materials of construction and design of apparatus imposed by the physical and chemical character of the reacting substances.



Arthur D. Little

Il faudra attendre 1923, en particulier à cause des impératifs liés à la guerre mondiale, pour que le premier ouvrage formalisant un contenu technique détaillé relatif à ces opérations unitaires,

¹⁹ Le nom de *Unit actions* (ou *Unit operations*) sera traduit par Cathala par «opérations fondamentales».

Principles of Chemical Engineering, soit publié (Walker, Lewis et McAdams, 1923). On trouvera ci dessous le plan de cet ouvrage :

Introduction

- I. Éléments de bilans matières industriels (*Elements of Industrial Stoichiometry*)
- II. Films fluides (*Fluid Films*)
- III. Écoulement de fluides (*Flow of Fluids*)
- IV. Transfert de chaleur (*Flow of Heat*)
- V. Combustibles et puissance (*Fuels and Power*)
- VI. Combustion
- VII. Fours et chaudières (*Furnaces and Kilns*)
- VIII. Production de gaz (*Gas Producers*)
- IX. Concassage et broyage (*Crushing and Grinding*)
- X. Séparation mécanique (*Mechanical Separation*)
- XI. Filtration
- XII. Principes de base de la vaporisation (*Basic Principles of Vaporization Processes*)
- XIII. Évaporation
- XIV. Distillation

Le savoir-faire industriel qui existait à l'époque était spécifique à chaque produit ou mélange traité, et restait dans un cadre de secret strict, sans vraiment de possibilité de diffusion et de capitalisation. Hougen rappelle à ce sujet les réactions négatives d'un manufacturier anglais, lorsque Georges Davis (voir note 14) annonça son intention de donner une série de cours de *Chemical Engi-*

neering en 1887 à Manchester: «*It is all very fine for Davis, after having entree to all the chemical works in the country, to now go and lecture about them.*». Davis répliqua: «*The science of Chemical engineering does not consist in hawking trade secrets. If a chemical engineer were discovered taking the processes and these details from one works to another, his professional reputation would soon come to an end*» (Hougen, 1977, p. 92).

Les opérations unitaires correspondaient donc à un changement considérable, dans la mesure où l'objectif était d'établir des lois générales caractérisant chaque opération, et applicables à n'importe quel type de produit ou de mélange. Cette segmentation du domaine va rester profondément ancrée chez tous les praticiens, y compris jusqu'à nos jours. Au départ, ces différentes opérations étaient relativement disjointes. Mais des interactions vont rapidement apparaître et donner une nouvelle cohérence à l'ensemble. Une étape importante, et caractéristique de ces interactions, sera la publication de travaux de Thomas H. Chilton et Alan P. Colburn relatifs aux analogies des transferts de matières, de chaleur, et de quantité de mouvements.

En termes de développement, cette époque est aussi marquée par quelque chose de très emblématique du CE à savoir la détermination de bilans matières et énergétique, pour tout ou partie de procédés (Hougen et Watson, 1931). Un peu plus tard, à partir de 1935, ce sera le développement d'applications de la ther-

modynamique aux procédés chimiques, en particulier par l'étude des propriétés thermodynamiques généralisées de composés purs à l'état gazeux ou liquide. Hougen l'explique de la façon suivante: «[The chemical engineer] realizes that thermodynamic principles set fixed limits in the conversion of heat into useful work and also he realizes that thermodynamics sets the same limitations on the degree of completion that any reaction may attain» (Hougen, 1977, p. 96).

Au départ, les connaissances de bases étaient presque exclusivement empiriques, que ce soit en Angleterre ou aux États-Unis. Mais très vite, les chercheurs vont développer les outils mathématiques adéquats pour représenter les divers phénomènes rencontrés. En 1923 paraît un ouvrage célèbre aux États-Unis, *Differential Equations in Applied Chemistry* (Hitchcock et Robinson, 1923), qui sera le premier d'une série d'ouvrages relative aux méthodes mathématiques dédiées au domaine (voir à ce sujet Scriven, 1991, pp. 19-20 et note 35). Mais le côté paradoxal vient du fait qu'à côté de cette tendance forte à conceptualiser et mathématiser les phénomènes mis en jeu, il va subsister une approche très «pratico-pratique» par le développement d'abaques, de tableaux synthétiques, de «règles du pouce» aussi nombreuses que variées, de méthodes dites de *short-cut*²⁰, qui font partie du curriculum de l'ingénieur et

²⁰ Ce sont des méthodes rapides de calcul d'appareillage au moyen d'hypothèses simplificatrices sur le système à traiter (composition, propriétés physiques).

sont encore parfois utilisées aujourd'hui. Enfin en 1934 apparaît un ouvrage de synthèse de John H. Perry, le «Perry» (Perry, 1934), à la fois recueil de données et de méthodes, rassemblées dans un seul et gros volume. Cet ouvrage deviendra un des ouvrages de référence des ingénieurs.

En définitive, le succès et le développement du CE (avec comme bases les opérations unitaires) s'expliquent, ainsi que le souligne Pap Ndiaye, par au moins deux raisons: cette nouvelle approche facilitait le dialogue entre universitaires et industriels, ce que Pap Ndiaye appelle «*offrir un espace de négociation*» (Ndiaye, 2001, p. 79), et par le fait que l'industrie chimique américaine, privilégiant une production de masse avec des installations de grande capacité et des procédés si possibles continus, avait besoin d'une méthodologie rationnelle que lui offrait la discipline pour faire face aux problèmes d'extrapolation²¹.

Le cas de l'Allemagne

L'émergence de colorants de synthèse à la fin des années 1850, à la suite des travaux de Perkin en Angleterre et de Verguin en France²², va se révéler un déclencheur majeur dans le développement de l'industrie chimique allemande. À partir des années 1860, on observe en effet le démarrage de nombreuses entreprises ayant pour objectif de produire ces colorants: entre autres, la Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF) à partir de 1861, la Farbenfabrik vormals F.Bayer (1881) avec une première usine dès 1863 (*Fried, Bayer und C°*), ou la Farbwerke Hoechst (1880) aussi démarrée en 1862 (Aftalion, 1988, pp. 48-49).

Ce développement va se faire avec l'appui d'une recherche académique déjà bien établie. L'Allemagne disposait au tournant des XIX^e-XX^e siècles d'un système éducatif performant, par l'intermédiaire d'universités régionales (une par État de la confédération), avec des chaires de chimie mises en place progressivement dans le premier quart du XIX^e siècle, ou *technische Hochschulen*, ayant une durée d'études de quatre ans après l'*Abitur* ainsi que des études en *Realschule* ou *Realgymnasium*, disposant de moyens expérimen-

21 «*The American tradition of mass production was even more critical to the emergence of chemical engineering as a profession than the quantitative growth of the American industry. [...] In America, the longstanding preference for more efficient mass production carried over into the chemical industry*» (Reynolds, 1983, p. 2).

22 Le point de départ correspond aux travaux de William Henry Perkin à Londres (synthèse de la mauvéine en 1856, premier colorant de synthèse), puis de François Emmanuel Verguin à Lyon (synthèse de la fuchsine en 1858). L'éclat et les qualités tinctoriales de la fuchsine incitèrent de nombreux industriels à essayer de la produire (Chastrette, 2009).

taux très importants²³. Ces écoles avaient pour vocation de former les cadres industriels de la nation. En 1878, près de 5 500 étudiants avaient déjà été formés dans les *technische Hochschulen*, chiffre qui ne va cesser d'augmenter jusqu'en 1902, représentant une moyenne de 3 000 techniciens formés chaque année jusqu'à la première guerre mondiale²⁴. Dans ce contexte, les résultats scientifiques académiques vont rapidement apparaître. Nous ne rappellerons ici que deux des plus marquants, toujours dans le domaine des colorants artificiels, à savoir la synthèse de l'alizarine (garance) en 1869 (Graebe et Liebermann à Berlin), et la structure de l'indigo en 1883 (Von Baeyer à Munich) avec sa synthèse industrielle par BASF en 1897.

L'impressionnant développement de l'industrie allemande des dernières décennies du XIX^e siècle s'explique par divers facteurs.

En premier lieu, partant d'un faible niveau d'industrialisation, elle a pu adopter les procédés du moment les plus performants et faire le pari de se lancer dans un domaine - les colorants - qui va se révéler un formidable tremplin pour de futurs développements en chimie orga-

nique et pharmaceutique. Ce processus évolutif se fait en nouant des liens étroits avec la recherche académique à l'origine de ces nouveaux colorants²⁵, et par là de constater aussi tout l'intérêt de disposer en interne d'une véritable "recherche industrielle". Ces liens se caractériseront souvent par des relations suivies, voire personnelles, entre responsables industriels et professeurs d'université.

En second lieu, François Caron écrit à propos des trois entreprises majeures : «*il s'instaura entre ces trois entreprises une compétition intense pour la recherche de nouveaux produits, mais une fois reconnue la supériorité de l'une d'entre elle dans tel domaine particulier, elles savaient limiter les effets d'une concurrence destructrice. Elles s'engagèrent ainsi, à partir de 1904, dans des systèmes d'accord et de participation commune qui devaient déboucher, en 1925, sur la création de l'I.G.Farben*» (Caron, 1985, p. 75).

Enfin, en complément à cette politique, des associations professionnelles très actives vont se constituer dans le courant des années 1870 (Meinel, 2001). La Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschland (As-

²³ Les onze *Polytechnikum* se trouvaient à Aix-la-Chapelle, Charlottenburg, Brunswick, Karlsruhe, Darmstadt, Dresde, Hanovre, Munich, Stuttgart, Danzig, et Breslau. Victor Cambon détaille tout particulièrement les cas de Hanovre et Danzig, où il décrit les moyens «*extraordinaires*» mis à disposition des étudiants (Cambon, 1901, p. 13 et suivantes).

²⁴ Jean-Claude Guesdon, «*Conceptual and Institutional Obstacles to the Emergence of Unit Operation in Europe*» (*in* Furter, 1980, p. 63).

²⁵ Il faut mentionner ici Heinrich Caro (1834-1910) qui illustre bien ce type de liens. Coloriste de formation, après s'être perfectionné en Angleterre à la chimie des colorants de synthèse et y avoir développé une activité industrielle (1859-1866), il revient en Allemagne, ou après un bref passage dans un laboratoire académique, il prendra la Direction de la BASF (1868-1889). Il participera activement à la synthèse de l'alizarine.

sociation pour la protection des intérêts de l'industrie chimique allemande) sera créée en novembre 1877. Assez rapidement, ce fut un succès (le nombre d'adhésions augmenta de 70 % la deuxième année), et le « Verein » devint l'organe officiel de l'industrie chimique allemande. La même année, 1877, était également fondée la Verein analytischer Chemiker (Association des chimistes analystes), qui deviendra la Deutsche Gesellschaft für angewandte Chemie (Société allemande pour la chimie appliquée) en 1887, et finalement la Verein deutscher Chemiker (VDC, Association des Chimistes Allemands) en 1896. Là aussi, cette association rencontra vite le succès, et en 1908 elle comptait 3692 membres, soit plus que la Deutsche chemische Gesellschaft (Société chimique d'Allemagne, fondée par August Wilhelm Hofmann (1818-1892) en 1867 à son retour d'Angleterre²⁶), notamment en raison de son action mettant l'accent sur la formation comme outil de promotion sociale. Vers 1912, elle comptait cinq mille membres (2/3 des chimistes allemands) et comprenait presque tous les professeurs de chimie et les industriels les plus importants: «c'était l'organisation chimique la plus importante du monde» (Meinel,

2001, p. 157). Elle était extrêmement active (revue de chimie appliquée, liste de publications, contrôle et normalisation, rencontres scientifiques mensuelles au niveau des sections locales) et à partir de 1907, elle mit en place des groupes spécialisés à des fins d'expertise technique !

Les Deutsche Chemische Gesellschaft, Verein zur Wahrung et Verein Deutscher Chemiker dominèrent sans partage jusqu'à la première guerre mondiale le monde de la chimie en Allemagne. Christoph Meinel écrit à leur propos: «*Au travers de leurs journaux et de leurs commissions d'experts, les associations facilitèrent aussi le transfert des connaissances et d'innovation de la science vers l'industrie, particulièrement à une époque où la recherche industrielle n'avait pas commencé!* [...] *Beaucoup plus importants (encore) furent les liens personnels que les professeurs entretenaient avec les entreprises de la chimie, liens qui se matérialisaient au travers de l'expertise, de brevets, d'actionnariat et du marché habituel de diplômés en échange de produits chimiques*» (Meinel, 2001, p. 161).

La Deutsche Chemische Gesellschaft jouera un rôle actif au début des années 1870 en vue d'une réforme législative pour la protection des inventions, au sein du Deutscher Patentverein un groupe de pression politique créée en 1874. Pour ce qui concerne la chimie, le problème le plus controversé était de savoir si ce devait être le produit ou les procédés qui devaient être protégés.

²⁶ August Wilhelm von Hofmann, élève de Liebig à Giessen, sera appelé à la tête du Royal College of Chemistry en 1845, où il restera 20 ans. C'est sous sa direction que W. Perkin découvrira la formule de la mauvéine en 1856. Il reviendra en Allemagne en 1865 pour occuper la chaire de chimie de l'université de Berlin. Dès son retour, il commencera à mettre en place les structures d'une société savante calquée sur la Chemical Society of London, société qui sera donc créée en 1867 et dont il sera le premier Président.

La loi de 1877 qui fut adoptée instaura l'examen préalable et retint la protection des procédés (Meinel, 2001, p. 153). Cela eut un effet particulièrement bénéfique au niveau développement, en obligeant les industriels à rechercher en permanence les meilleures voies chimiques et les procédés les plus performants, de peur de perdre les marchés concernés !

Du point de vue méthodologique, l'approche allemande va être complètement différente de celle choisie par les États-Unis et le Royaume Uni : *«In opposition to many friends I place myself [...] on the standpoint [...] that the chemist does not require (engineering) as a necessity. Nothing, in my opinion, is worse than to make of a chemist an Ingénieur-chimiste as is done in France, or chemical engineer as is very often done in England. [...] I leave to the engineer and to the chemist their respective science but I desire that both work together.»*²⁷ Ce texte de Carl Duisberg (1861-1935), un des responsables de l'entreprise Bayer, date de 1896 et est très souvent cité, car il illustre parfaitement la philosophie des



Autorisation aimable des Editions Delcourt

Carl Duisberg

Allemands en la matière ! L'organisation choisie par l'entreprise Bayer est décrite dans le même texte²⁸.

Cette dichotomie entre Chimiste et Ingénieur va donc marquer durablement toute la chimie allemande, ce qui permet de comprendre que l'apparition formelle du CE en Allemagne ne se fera qu'à partir des années 1930 et dans le contexte de la

²⁷ Carl Duisberg, «The Education of Chemists», une conférence lue devant la section de New-York de l'ACS au College of Pharmacy le 18 mai 1896 et reproduit dans le *J. Soc. Chem. Ind., Jubilee number*, July 1931, pp. 171-175 (Duisberg, 1931). Carl Duisberg avait fait des études de chimie à Göttingen puis à Jena où il avait passé son Doctorat. Après une brève période post-doctorale, il est embauché par l'entreprise BAYER en 1883, où il va rapidement s'illustrer en recherche et développement (colorants, produits pharmaceutiques). En 1900, il est nommé au *Board of Managers*, puis Directeur Général en 1912, poste qu'il occupera jusqu'en 1924 à la création de l'IG Farben, dont il sera l'un des cofondateurs.

²⁸ En matière de colorants artificiels, les chimistes nouveaux embauchés devaient d'abord passer dans le laboratoire d'application afin d'être parfaitement au courant des exigences du marché. C'est seulement après qu'ils pouvaient rejoindre un laboratoire de recherche scientifique et de développement de nouveaux produits. (Duisberg, 1931, pp. 173-174).

« filière Ingénieurs », la Verein Deutscher Ingenieure (VDI, Association des Ingénieurs Allemands). Sur ce point, il faut aussi rappeler la longue tradition d'ouvrages de technologie chimique en Allemagne, dès la fin du XIX^e siècle : en 1893, notamment celui de Hausbrand en distillation, de Nagel pour le transport de gaz, liquides et solides, ou celui de Wolfrum en 1903²⁹. Enfin, et surtout, l'ouvrage de Alwin Parnicke, *Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik* (première édition en 1894), où l'on trouve implicitement une classification en opérations unitaires déjà très prononcée. Il sera traduit en français en 1906³⁰.

Paradoxalement c'est d'abord dans le cadre du VDC, l'Association des chimistes, que les aspects « équipement et matériel » vont être abordés à partir de 1918, avec la création d'une section dédiée à « l'équipement chimique » (*Fachgruppe für Chemisches Apparatewesen*) et avec l'idée de rapprocher Chimistes et Ingénieurs. Dans cette section, Max Buchner (1866-1934), responsable du groupe « Équipement de grande dimension » présentera en 1919 un mémorandum demandant la création dans les universités de chaires dédiées au « calcul d'appareillage chimique et à la science des matériaux ». Il faudra toutefois attendre 1928 pour voir une première chaire dans ce

domaine à Karlsruhe (*Equipment Engineering*). Buchner est aussi à l'origine de la création d'une foire nationale de matériel chimique à partir 1920, l'ACHEMA. En 1926 la section évoquée plus haut se transforme en société savante autonome, la DECHEMA (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen), regroupant « chimistes et ingénieurs, travaillant dans le domaine du CE » (Onken, 1997 : 72). C'est la DECHEMA qui aura donc la charge de l'organisation de l'ACHEMA, foire qui deviendra Internationale à partir de 1930 et sera déplacée sur le site de Francfort à partir de 1937.

C'est toutefois à partir de 1935 que le CE va réellement émerger avec la création par le VDI, l'Association des ingénieurs, d'un groupe de travail dédié aux aspects « procédés » (*Verfahrenstechnik*), avec là aussi la même idée-force, celle de rapprocher chimistes et ingénieurs. Le premier président en sera d'ailleurs un physico-chimiste, Arnold Eucken (1884-1950), coéditeur d'un traité de références important, *Der Chemie-Ingenieur*. Après l'interruption de la guerre, les activités du groupe reprendront à partir de 1948 sous l'autorité de Ernst Schmidt, avec toujours la participation de beaucoup de chimistes. Le groupe se transformera en société scientifique autonome en 1959, la GVC-VDI (*Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen*).

29 A. Wolfrum, *Chemische Praktikum mit einem Atlas darstellend die Apparate der Chemischen Technik*, 1903 (manuel chimique contenant un atlas des appareils utilisés en technologie chimique).

30 (Parnicke, 1906).

L'approche française durant la première guerre mondiale et entre les deux guerres

L'industrie chimique française au début du xx^e siècle

On peut d'abord rappeler que dans les années précédant la première guerre mondiale, l'industrie chimique française occupe globalement un rang satisfaisant, le quatrième dans le monde, avec des productions pas très éloignées de ses principaux concurrents, l'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis³¹.

Il y a toutefois à l'époque un profond «désenchantement» de la part des professionnels du domaine. Une enquête est d'ailleurs entreprise en 1905 par la *Revue scientifique* (la «revue rose») pour essayer de faire un point à ce sujet. Les auteurs de l'enquête écrivent par exemple (Collectif, 1905, p. 97) : «*Tout le monde sait que l'industrie chimique française [...] a subi un déclin manifeste depuis un certain nombre d'années. À côté de nous, au contraire,*

l'Allemagne a pris une place prépondérante, son action croît encore tous les jours et l'on peut se demander où s'arrêtera la différence entre le chiffre de nos affaires et le sien, différence tout à notre avantage autrefois, mais de plus en plus écrasante à l'heure actuelle.» Les auteurs citent en particulier un texte d'Albin Haller (1849-1925)³², quant aux causes de cet état de fait, où, à côté d'explications classiques (coûts de fabrication et de transport...) ce dernier dénonce «*cette espèce d'empirisme qui règne encore en maître dans beaucoup de nos usines*»³³.

Mais, surtout, malgré l'existence en France d'un grand nombre de sociétés savantes, professionnelles ou locales, l'industrie chimique française, à la différence des industries allemandes et britanniques, ne dispose pas d'organisation(s) nationale(s) contribuant à faire émerger et fédérer des

³¹ Mais l'Allemagne est très largement en tête dans le domaine des bases organiques («benzols») et des colorants de synthèse. Dans ce dernier domaine, sa production est près de 20 fois celle de la France ! Il existe un certain nombre d'ouvrages et articles de référence sur tous ces aspects (par exemple Sakudo, 2011 ; Daviet, 1991), ainsi que les tableaux de Goertz (Goertz, 1990). Dans les références d'époque, nous mentionnerons «L'enquête sur les industries chimiques françaises» parue dans la *Revue scientifique* (Collectif, 1905) et l'ouvrage *L'essor des industries chimiques en France* (Grandmougin, 1917).

³² Albin Haller, *Rapport sur la chimie à l'exposition universelle de 1900, 1901*, I.N. Après des débuts modestes en tant que pharmacien, A. Haller gravit progressivement tous les échelons académiques en Alsace puis à Nancy en pharmacie et en chimie, pour devenir Maître de Conférences en Chimie en 1880, puis Professeur en 1885. Pendant toute cette période il s'implique fortement dans le projet d'une École de chimie à Nancy qui verra le jour en 1887 et dont il sera le Directeur jusqu'en 1899. Il est ensuite nommé à Paris à la Sorbonne comme Professeur titulaire de la chaire de chimie organique, avant de devenir Directeur de l'École Supérieure de Physique et Chimie de la ville de Paris en 1905, poste qu'il occupera jusqu'à sa mort. Il était membre de l'Institut depuis 1899. À propos de Haller et la formation des chimistes, voir par exemple Langliney, 2014.

³³ D'autres auteurs évoqueront le problème des relations entre industriels et monde académique, insuffisantes à leurs yeux : par exemple Guillet, 1900, pp. 321-327 ; Fleurent, 1915.

innovations scientifiques et techniques. La Chambre syndicale des produits chimiques, créée dès 1860 pour la défense des intérêts de l'industrie chimique française, ne va pas en effet jouer ce rôle. D'abord parce qu'elle n'est elle-même qu'un regroupement de syndicats d'entreprises dans des domaines techniques où chacun affiche sa différence³⁴, ensuite, ceci expliquant probablement cela, parce qu'elle ne se donne que des objectifs de type commerciaux, financiers (prix, douanes, taxes), représentation auprès des tribunaux de commerce, brevets...³⁵

Et il faudra donc attendre la guerre pour avoir les conditions permettant de fonder une organisation d'envergure nationale. La société de chimie industrielle (SCI) est fondée le 27 avril 1917 avec pour objectif (Fell, 2001, p. 69) :

1. de contribuer à l'expansion de l'industrie chimique dans tous ses domaines ;

³⁴ En 1910, elle se transforme en Syndicat général de produits chimiques (SGPC), dont les sept syndicats adhérents sont : le syndicat des fabricants d'extraits tannant tinctoriaux de France, la chambre syndicale des fabricants de produits pharmaceutiques, le syndicat professionnel des fabricants de superphosphates, la chambre syndicale des fabricants de colles et gélatines, la chambre syndicale de la grande industrie chimique, l'Union syndicale des usines de carbonisation des bois de France, et enfin le Syndicat général des industries chimiques et commerces annexes (Marseille). Cependant tous les syndicats du domaine chimie/pharmacie ne sont pas adhérents, et il y aura une tentative du SGPC pour faire adhérer le Syndicat général de la droguerie française et celui de la parfumerie française : voir *Bulletin du Syndicat général des produits chimiques*, juin 1914, p. 292.

³⁵ En 1890, les commissions d'experts de la chambre syndicale sont : bulletin mensuel, droits de régie et d'octroi, commerce général, transports par chemin de fer et eau, adjudications publiques, législation.

2. de grouper tous les Chefs d'industrie, professeurs, ingénieurs, chimistes, etc. qui y sont intéressés ;
3. de contribuer au progrès de la chimie industrielle, tant au point de vue économique qu'au point de vue scientifique.

Ulrike Fell rappelle que la fondation de la SCI donna lieu à des discours imprégnés de nationalisme et mentionne une lettre circulaire de Paul Kestner³⁶, son premier Président, qui énumère les causes du retard pris par l'industrie française : le trop faible engagement financier des industriels, l'intérêt réduit qu'ils portaient aux résultats de la recherche, la négligence à l'égard de la chimie dans les grandes écoles. La guerre et les nécessités de la défense du pays ont selon lui suscité d'admirables performances. Cet élan ne doit pas être brisé³⁷ : « [...] *il faut que la chimie redeviene une grande science française ; il faut que l'industrie chimique trouve dans notre pays ses représentants les plus autorisés. C'est à cette œuvre que nous vous convions.* »

Les présidents qui se succédèrent entre les deux guerres, furent tous des Chefs d'entreprise ou des hauts dirigeants

³⁶ Paul Kestner (1864-1936). Né à Mulhouse et diplômé de l'École de chimie de cette ville, il prépare ensuite une thèse dans le laboratoire de Wurtz à Paris. Après une première expérience industrielle chez Kuhlmann, puis un séjour de deux ans dans le laboratoire de Lunge à Zurich, il démarre en 1891 une activité industrielle d'équipementier pour l'industrie chimique. Cofondateur en 1919 avec W. Pope de l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), il recevra la médaille de la Society of Chemical Industry en 1920.

³⁷ Circulaire de P. Kestner (1917) – Archives de la SCI (Fell, 2001, p. 79).

de l'industrie chimique³⁸. Les objectifs de promotion de l'industrie chimique et de la chimie industrielle passèrent principalement à travers trois grands types d'activités : le journal *chimie et industrie*, l'organisation de congrès et autres réunions d'information technique (Fauque, 2013), et enfin un « Centre de documentation chimique » (CDC).

L'enseignement de la chimie pratique et/ou industrielle

Les premiers enseignements de chimie à vocation réellement industrielle datent de 1822 à Mulhouse, avec la mise en place d'un cours de « chimie appliquée aux arts », dans le contexte du collège municipal de la ville. Il donnera lieu quelques années plus tard en 1854 à une École, créée conjointement par la Municipalité et la Société Industrielle de Mulhouse. L'enseignement comportait non seulement une formation dans le domaine de la teinture et de l'impression, mais aussi des cours de chimie³⁹. C'est seulement dans les années 1880 qu'il y aura d'autres initiatives

dans le domaine : c'est en 1882, la création de l'École Supérieure de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris, à l'initiative de Charles Lauth, avec l'objectif d'un enseignement adapté au milieu industriel⁴⁰. C'est aussi l'année suivante la création à Lyon de l'École de Chimie Industrielle, avec le soutien de Chambre de Commerce, dans le contexte d'une forte demande liée au développement de l'industrie chimique dans la région lyonnaise, enfin celle, quelques années plus tard en 1887, de la fondation de l'Institut de Chimie de Nancy. D'autres Écoles ou Instituts de chimie verront le jour dans les années qui vont suivre, délivrant elles aussi pour la plupart à plus ou moins brève échéance un diplôme d'« ingénieur-chimiste »⁴¹.

Il faudra attendre 1905 et les résultats de l'enquête entreprise par la revue rose (« L'enquête sur les industries chimiques françaises », que nous avons évoquée pré-

³⁸ Les présidents furent successivement : Paul Kestner (1917-1924), Lucien Dior (1924-1927), Donat Agache (1927-1929), Henry Gall (1929-1930), Louis Hauzeur (1930-1936), Sir Robert Mond (1936-1938).

³⁹ L'école est créée à l'appui d'un cours de « chimie appliquée aux arts » qui existait au collège municipal de Mulhouse depuis 1822. Voir à ce sujet le numéro spécial du *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, « La chimie et l'Alsace, 1850-1920 » (Collectif, 1994). Concernant l'École de chimie de Mulhouse, voir aussi Jean-Michel Chezeau, « Les chimistes, leurs institutions et leurs sociétés savantes entre les deux guerres : V – L'École de chimie de Mulhouse » (Chezeau, 2014).

⁴⁰ « L'École a pour but de former des chimistes et des physiciens pour l'industrie : elle ne cherche pas à faire des licenciés et des docteurs es sciences, mais à préparer des jeunes savants, capables, à leur sortie, de rendre des services à nos manufacturiers, qui, ne trouvant pas en France le personnel nécessaire avaient été entraînés dans le développement de leur industrie ou obligés de chercher leur collaborateur à l'étranger... » (Lauth, 1900, p. 20).

⁴¹ Par exemple, l'Institut de Chimie Appliquée de Paris est autorisé à délivrer un diplôme d'Ingénieur chimiste à partir de 1906 et décide en 1907 d'aménager la formation en abordant les questions de l'art de l'ingénieur. Toutefois, suite à diverses difficultés (entre autres budgétaires), cela ne se concrétisera pas et cela amènera même l'association des anciens élèves de l'Institut de financer en 1908 à titre provisoire et sur leur propre budget, des cours de mécanique et d'électricité industrielle ; voir l'article de Virginie Fonteneau (2010, pp. 53-65).

cédemment; Collectif, 1905), pour avoir une analyse critique de la formation dispensée par un certain nombre de ces écoles. On y trouve la formulation de quelques suggestions concernant l'enseignement: renforcer la partie expérimentale, mettre en œuvre un maximum d'études de laboratoires, créer des écoles spécialisées (savonnerie/parfumerie, colorants/teinture) à l'image de l'École de chimie de Mulhouse, à l'époque hors de France.

La première guerre mondiale et l'infériorité de l'industrie chimique française en regard de son homologue allemande, va avoir pour conséquence de relancer le débat sur la formation des chimistes. Il s'agit encore d'une enquête d'opinion à partir d'avril 1916, à l'initiative de la *Revue de produits chimiques*, avec publication des réponses au fur et à mesure de leur transmission au journal. La même année en août, André Blondel, publie un article très critique dans la revue rose à propos de l'enseignement des Écoles de chimie sur l'aspect «ingénieur» de leur formation (Blondel, 1916)⁴². Cet article va évidemment interférer avec l'enquête, et susciter une grande émotion parmi les chimistes. Les nombreuses réactions seront regroupées dans un ouvrage que publie Grand-

mougin en 1917 (Grandmougin, 1917). Blondel répondra à ces réactions par une lettre ouverte publiée elle aussi dans cet ouvrage, et dans lequel il réprecise :

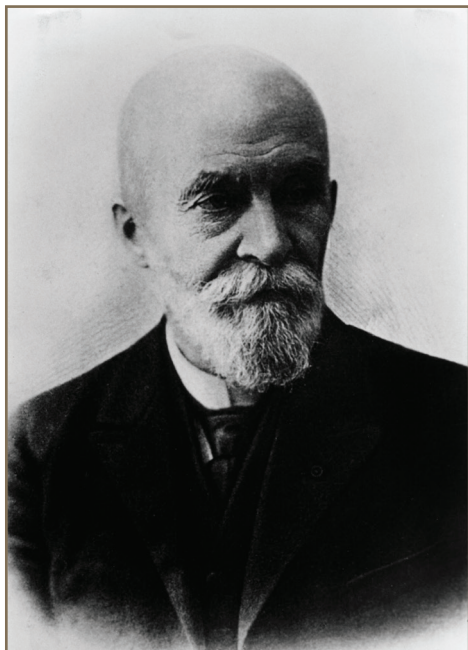
[...] qu'on abuse vraiment trop du titre d'ingénieur, quand il s'agit de chimistes et qu'il conviendrait de distinguer plus nettement les chimistes proprement dits, [...] des ingénieurs chimistes. [...] Il me semblait nécessaire de distinguer au moins les chimistes de laboratoires dont le métier est d'étudier les réactions chimiques, des ingénieurs chimistes dont le métier devrait être d'installer et de diriger des usines chimiques, ce qui n'est pas la même chose. Cela est si vrai qu'aux États-Unis, les établissements les plus modernes d'instruction publique, tels que l'Institut technique de Massachussets, ont pour ces deux catégories de spécialistes deux sections d'enseignement distinctes, portant respectivement le nom de Chemistry et Chemical Engineering.

Ces commentaires, où pour la première fois le CE est évoqué, n'auront toutefois pas de suite. Cela intervient à un moment où les associations de chimistes revendiquent haut et fort la légitimité de leur fonction dans l'entreprise et ne sauraient accepter une remise en cause possible de cette légitimité par le biais de l'émergence d'une nouvelle discipline⁴³.

Dans l'entre-deux-guerres, la formation des différents Écoles ou Instituts à «vocation industrielle» va donc

⁴² André Blondel (1863-1938), ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École Nationale des Ponts et chaussées, entre en 1889 au service des «Phares et balises» où il fera toute sa carrière et des recherches très brillantes dans les domaines de la photométrie, de l'électrotechnique et de la propagation des ondes radioélectriques. Président de la Société Française d'Électricité en 1890, il recevra de nombreuses récompenses internationales et sera reçu à l'Académie des sciences en 1913.

⁴³ Voir au sujet de la formation des chimistes pour l'industrie l'article de Gérard Emptoz (2010, pp. 15-27), ainsi que celui d'André Grelon (1989, pp. 65-88) pour la formation des ingénieurs au tournant XIX^e-XX^e siècle.



Albin Haller



Wikimedia

André Blondel

rester fidèle à un enseignement de chimie industrielle⁴⁴, avec quelques disciplines annexes de « physique industrielle ». La dénomination d'ingénieur-chimiste va elle aussi perdurer, ce qui ne manquera

⁴⁴ Dans son histoire de l'enseignement de la chimie, René Sordes écrit en 1928, un peu plus de 10 ans après l'article de Blondel : « *L'enseignement ne correspondait certes pas à celui qu'aurait dû recevoir un élève Ingénieur, devant connaître, outre la chimie, les choses essentielles de la mécanique, de la construction, de l'électricité. Ces Instituts annexés aux Facultés continuèrent à former parfois d'excellents chimistes, mais restèrent malgré certaines indications de programmes généralement peu suivies, très loin des conditions minima de formation des ingénieurs-chimistes* » (Sordes, 1928, p. 160). Cette remarque est étonnante dans la mesure où elle est en contradiction avec ce qui a été retenu après les débats de 1916-1917 auxquels Sordes avait participé ! Résurgence amère d'un soutien à Blondel ?

pas de créer quelques confusions avec le terme anglais de *chemical engineer* (Coeuret, 2003). Le terme de CE n'est d'ailleurs que rarement mentionné dans la revue de la SCI, *Chimie et Industrie*, si ce n'est pour la citation de quelques ouvrages d'origine américaine, et dans le cas de quelques rares articles relevant d'une approche « opérations unitaires »⁴⁵.

⁴⁵ L'ouvrage de Walker *et al*, *Principles of Chemical Engineering*, sera traduit et publié sous le titre particulièrement controversé de *Principes de Chimie industrielle* (2^e édition 1933). Dans le domaine du génie des procédés, le thème le plus important abordé dans la revue reste la distillation/rectification, mais qui est à l'époque « une spécialité française » à la suite des travaux de Sorel et de Ponchon/Savarit. On trouve également beaucoup d'éléments relatifs aux problèmes de matériaux/corrosion.

On notera quand même la fondation en 1920 de la revue *Chaleur et industrie*, qui n'est pas sans aborder certains aspects typiques du génie chimique⁴⁶ mais qui restera dans le contexte d'une stricte appartenance à la physique industrielle.

L'émergence de l'enseignement du génie chimique en France

Le génie chimique apparaît finalement en France en 1949 avec la fondation à Toulouse de l'Institut du Génie Chimique (IGC) par le Professeur Joseph Cathala (cf. notre introduction). La même année, l'École Supérieure des Industries Chimiques (ESIC) de Nancy va à son tour inclure un enseignement de ce type dans son cursus. Progressivement, dans les années 1950, la nouvelle discipline va être prise en compte, à des degrés divers, par la plupart des écoles de chimie, ou ayant des enseignements de chimie. Quelques décennies plus tard (années 1980) cette discipline s'étendra

à toutes les «industries de procédés», pour devenir le «génie des procédés»⁴⁷. En matière historiographique, des études relatives aux institutions scientifiques de Toulouse et Nancy – dont les écoles de chimie – ont été réalisées dans le cadre d'un programme PIR-VILLES «Villes et Institution Scientifiques» (Grossetti *et al.*, 1996), dont l'un des objectifs était d'analyser l'impact de la présence de ces institutions sur les villes. Les autres villes concernées étaient Nantes, Lille et Montpellier. Ces études ont été ensuite reprises par les intervenants concernés du programme PIR-VILLES : Claude Detrez dans le cas de l'ESIC, devenu ENSIC, de Nancy (Detrez, 1998), et Michel Grossetti avec Claude Detrez en ce qui concerne l'IGC de Toulouse (Detrez et Grossetti, 1998 ; Grossetti et Detrez, 2000). Enfin, il faut aussi signaler une étude complémentaire de Laurent Rollet en 2007 concernant le développement de l'ENSIC, dans le cadre d'un ouvrage relatif aux origines du pôle scientifique de Nancy (Rollet, 2007).

⁴⁶ Le rédacteur en chef en est Julien Izart. Dans l'article de présentation du 1^{er} numéro (mars 1920) il est dit, entre autres : «*nulle industrie ne peut s'affranchir de la physique industrielle ; aucune qui n'est recours, de près ou de loin, au froid ou à la chaleur, au séchage ou à l'humification, à la combustion vive ou lente, à l'évaporation ou à la vaporisation des liquides, à la détente ou à la compression des gaz*». Et dès la première année, on trouve effectivement des articles sur des sujets relevant typiquement du *Chemical engineering* comme les bilans thermiques (combustions), analyse industrielle, évaporation et distillation, techniques de réchauffage...

⁴⁷ Cf. l'introduction de cet article, ainsi que (Villiermaux *et al.*, 1983, pp. 19-27). Pour le Cnam, Gérard Emptoz décrit dans ce numéro l'enseignement d'André Étienne, nommé en 1955 professeur de Chimie industrielle.

Fondation de l'Institut du Génie Chimique (IGC) de Toulouse en 1949⁴⁸

Après des études supérieures en chimie à Toulouse, Joseph Cathala (1892-1969) devient en 1914 le préparateur du professeur Matignon au Collège de France. Il y restera treize ans et collaborera aux travaux de ce dernier en chimie industrielle et chimie physique. Il soutient sa thèse en 1927 (étude cinétique de la synthèse photochimique du phosgène), avant de partir au Canada

pour enseigner la chimie inorganique à l'Université Laval au Québec. C'est là qu'il découvre le *Chemical engineering* nord-américain et son rôle dans le développement industriel.

À son retour en 1931, il succède à Paul Sabatier à Toulouse comme titulaire de la chaire de chimie générale, et commence dès cette époque à essayer de créer en France un enseignement équivalent à celui du *Chemical engineering*. Mais comme il l'écrit un peu plus tard :

Mes premières tentatives pour introduire à Toulouse le génie chimique dans les études préparant nos étudiants à l'industrie chimique se heurtèrent à de telles difficultés que très rapidement je fus déchargé de toutes responsabilités dans la formation à Toulouse des Ingénieurs-chimistes. Un échec aussi total allait me procurer à la fois le loisir intellectuel pour une recherche honnête de ses causes et l'indépendance indispensable pour toute tentative nouvelle.

Le mouvement se pratique en marchant ; pour prouver l'utilité du génie chimique, il fallait le pratiquer. Cela voulait dire trouver les moyens matériels nécessaires pour poursuivre à l'échelle semi-industrielle la mise au point de procédés chimiques nouveaux⁴⁹.

En 1932, il est nommé à la tête du Laboratoire d'électrochimie de l'Université de Toulouse. Ce laboratoire va



Joseph Cathala

Autorisation aimable de l'ENSIACET

⁴⁸ L'IGC (ENSIGC) a fusionné avec l'École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse en 2001 pour donner naissance à l'ENSIACET (École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques).

⁴⁹ Joseph Cathala, document (manuscrit et non daté 1960 ?) de préparation d'un exposé relatif à l'installation semi-industrielle du laboratoire d'électrochimie [Archives ENSIACET].

être pour lui une base idéale pour démontrer la pertinence de ces idées. Dans un autre document en date de 1959⁵⁰, Cathala précise :

Dès 1935, le laboratoire d'Électrochimie amorçait la création d'un laboratoire semi-industriel d'essais, devant permettre de pousser jusqu'à l'industrialisation complète des procédés chimiques nouveaux. Après quelques mois, une première équipe de collaborateurs disposait des moyens indispensables grâce à l'appui de l'industrie pyrénéenne et surtout de la Direction des poudres. Elle réussissait à mener jusqu'à l'échelle industrielle la mise au point d'un procédé électrothermique de traitement du sulfate de chaux donnant des gaz riches en SO₂ (60 %) faciles à convertir en acide sulfurique et laissant un laitier de ciment alumineux.

Au moment de la guerre, Cathala quitte la France en 1940 et s'établit en Grande Bretagne où il restera jusqu'en 1945 comme Ingénieur Conseil de la R.O.F. (Royal Ordnance Factory). Dans ce contexte, il a une activité d'expertise industrielle dans des domaines complexes et risqués (préparation d'explosifs). Il conserve aussi des liens étroits avec le Royaume-Uni (il deviendra membre de l'Institution of Chemical Engineers (IChE) dès 1946) non seulement avec la R.O.F., mais aussi avec les milieux académiques (Prof. Newitt – Imperial College – et Cummings – Glasgow). Dès son retour en France, il se remet à la tâche pour créer

une école de génie chimique à Toulouse. Le 26 mars 1947, le conseil de l'université demande la transformation du diplôme d'Ingénieur électrochimiste de l'Université de Toulouse en diplôme d'Ingénieur du génie chimique, demande qui est acceptée (arrêté ministériel du 17 mars 1948). La première promotion sortira la même année et comptera cinq reçus sur sept candidats. Le conseil de l'université de Toulouse revient deux fois à la charge (25 juin 1948 et 28 janvier 1949) en vue de la création d'un établissement séparé pour la formation des Ingénieurs de génie chimique. Finalement, l'Institut du Génie Chimique de Toulouse est créé par décret le 11 avril 1949, publié au journal officiel le 15 avril 1949. L'Institut est autorisé à recruter des candidats sur titre (licence ès sciences, ou diplôme d'ingénieur) pour une durée d'études de deux ans. Leur nombre est limité à dix.

En 1952, Cathala obtient l'autorisation de recruter dix élèves supplémentaires sur concours, sur la base du programme de Mathématiques Spéciales. Cette mesure, mise en œuvre seulement à partir de 1953 – l'IGC est assimilé à une ENSI à cette date – fait augmenter le nombre annuel de diplômés, qui passe de neuf en 1956, à seize en 1957, treize en 1958, et treize en 1959⁵¹. Par ailleurs, Cathala n'aura de cesse de créer aussi une section Techniciens, avec l'appui du conseil d'université. La première promotion ne sortira toutefois qu'en juin 1959.

⁵⁰ Rapport général sur l'Institut du Génie chimique, transmis par J. Cathala le 18 septembre 1959 à la DES (Direction de l'Enseignement Supérieur) – [Archives ENSIACET].

⁵¹ Rapport général sur l'Institut du Génie chimique, *ibid.*, voir p. 7.



IGC (site d'Empalot à Toulouse)

À partir de 1950, Cathala va rechercher un nouvel emplacement pour l'Institut, afin de résoudre les problèmes liés à l'exiguïté et à la sécurité des installations expérimentales des locaux de la rue Sainte-Catherine dans le centre de Toulouse, où était le laboratoire d'électrochimie. En 1951, la Direction des poudres met gratuitement à disposition sur l'île d'Empalot un terrain de 80 000 m² faisant partie de la Poudrière Nationale et à proximité de l'ONIA (Office National Industriel de l'Azote)⁵². Les travaux d'implantation se feront en plusieurs tranches, démarrant en avril 1957.

⁵² *Idem*, voir pp. 10 et 11.

Dès septembre 1959, les ateliers d'essais seront opérationnels, mais il faudra attendre 1965 pour que tout soit terminé⁵³. Cathala avait d'autres projets, rappelé par Detrez (*in Grossetti et al.*, 1996, p. 226) : la formation post-scolaire des ingénieurs, la mise à disposition à d'autres écoles des installations semi-industrielles pour des stages, la mise en place d'un centre technique pour l'industrie chimique, la publication *in extenso* dans les *Annales du génie chimique*

⁵³ Elles font partie des installations qui seront détruites le 21 septembre 2001 par l'explosion de l'usine d'AZF (qui avait succédé à l'ONIA) dans les conditions tragiques que l'on sait.

(début de parution : 1958) des résultats de recherche. En réalité peu d'entre elles verront le jour, mais cela illustre l'engagement et l'enthousiasme de Cathala en ce domaine.

À sa mort en avril 1969, c'est son principal collaborateur, Henri Gardy, qui sera chargé de poursuivre l'œuvre entreprise, avec, entre autres, la collaboration de MM. Angéline et Mahenc.

Cas de l'École nationale supérieure des industries chimiques (ENSIC) en 1948⁵⁴

En préambule à l'apparition du génie chimique dans son enseignement, l'Institut Chimique de Nancy va être marqué au milieu des années 1930 par ce qu'on appelle « la réforme Travers », réforme qui va infléchir sensiblement et durablement l'enseignement vers une culture plus mathématique et physique.

Alexandre Travers (1883-1949) avait pris la direction de l'Institut Chimique en 1929. Avant de rejoindre Nancy juste après la première guerre mondiale, spécialiste de chimie analytique, il avait été aussi professeur de Lycée, examinateur au concours de

l'École Normale Supérieure et de l'École Centrale et avait de nombreux contacts industriels. Il était convaincu de la nécessité de compléter la formation des élèves en physique, et d'améliorer celle en chimie-physique et en physique industrielle. La réforme qu'il mit en œuvre à partir de 1936 consista au niveau recrutement, en l'adoption pour le concours d'entrée, du programme de l'école Polytechnique et au niveau enseignement, en l'obligation de passer les parties thermodynamique, optique et électricité du certificat de physique générale de la faculté (Aubry, 1987, pp. 56-58). La même année, un décret ministériel en date du 19 février 1936, transformait le nom d'Institut Chimique de Nancy, en École Supérieure des Industries chimiques (ESIC).

Travers aura juste le temps de voir sortir la première « nouvelle » promotion en juillet 1939, car il sera obligé, du fait de la guerre, de quitter Nancy pour se replier provisoirement à Grenoble. Il reviendra brièvement à Nancy en 1942, avant d'abandonner la Direction à Pierre Donzelot et de quitter définitivement Nancy pour Clermont-Ferrand. Les deux successeurs de Travers à la Direction de l'école après la guerre, Pierre Donzelot puis Maurice Letort, vont confirmer les orientations prises, et introduire le génie chimique dans le cursus de l'école.

Pierre Donzelot (1901-1960) d'abord, Directeur à partir de l'été 1942 jusqu'en avril 1946, date à laquelle il devient Recteur de l'université de Nancy, avant d'être nommé quelque temps après

⁵⁴ 27 mars 1948 : suite à la création des ENSI (Écoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs) en 1947, transformation de l'ESIC (École Supérieure des Industries Chimiques) en ENSIC.

en 1948, à la tête de la Direction Générale de l'Enseignement Supérieur. Il aura la lourde charge de remettre en route le fonctionnement normal de l'École tout de suite après-guerre, et apportera un grand appui à ses évolutions à venir.

Maurice Letort (1907-1972) ensuite, directeur de 1946 à 1956, diplômé de l'Institut de Chimie de Paris, il avait préparé sa thèse en Belgique à Liège dans le domaine de la cinétique chimique, thèse soutenue à la Sorbonne en 1937. Après un passage à Prague comme directeur de l'Institut Français, il est nommé Chef de Travaux puis Maître de Conférences à l'université de Caen, avant enfin d'être recruté comme Professeur de chimie générale en 1943 à Nancy. Ses travaux novateurs en cinétique chimique, et quelque part annonciateurs de l'évolution de cette discipline dans le contexte du développement de procédés («génie de la réaction chimique»), expliquent peut-être qu'il ait été particulièrement réceptif au Génie chimique (Letort, 1961).

En fait, ainsi que l'a montré Detrez (*in Grossetti et al*, 1996, pp. 247-248), c'est tout un réseau d'influence qui se constitue fin des années 1940-début des années 1950, avec Donzelot et Letort, mais aussi, entre autres, Maurice Brulfer (1891-1966), Président de l'association des anciens élèves de l'ESIC, Directeur des usines PROGIL et Président de l'UIC (Union des Industries Chimiques), ainsi qu'Alfred Landucci (1900-1962), Président de Kodak-Pathé, rapporteur de la sous-commission chargée des écoles de

chimie, pour la commission permanente présidée par Pierre Auger. Ce réseau va peser énormément sur un certain nombre d'orientations nouvelles en matière d'enseignement et d'organisation de l'industrie chimique Française après le décret du 16 janvier 1947 créant les Écoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs, l'ESIC devenant ENSIC (École Nationale Supérieure des Industries Chimiques) par décret en date du 27 mars 1948. Il est possible, que ce soit par l'intermédiaire de ce réseau – et notamment de Donzelot compte tenu de sa position à la Direction de l'Enseignement Supérieur – que l'attention des dirigeants de l'école ait été, sinon attirée par la toute nouvelle discipline du génie chimique qui commençait à apparaître à Toulouse, du moins confortée dans leur choix. Letort dira toutefois plus tard :

Je me souviens fort bien de l'époque ou, pour la première fois, j'entendis la locution nouvelle de «Chemical Engineering» qu'on a traduite par «Génie Chimique» plutôt qu'«Art de l'Ingénieur des industries chimiques». C'était pendant l'occupation au début de l'année 1943 [...] De fait, ce n'est qu'en 1948, au cours d'un voyage aux États-Unis, que j'ai pu me faire une opinion claire de ce que représente le génie chimique (Letort, 1961, p. 53).

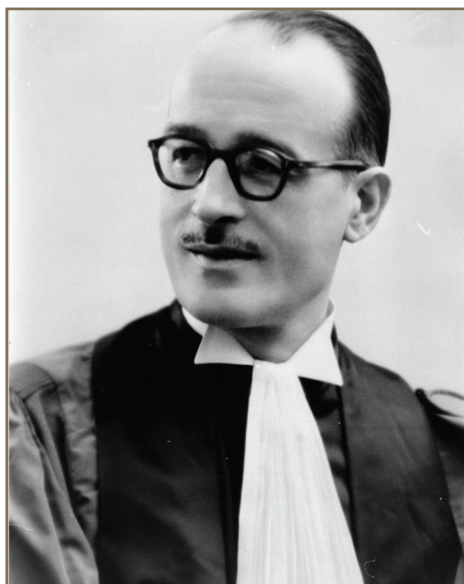
Cette étonnante déclaration illustre bien l'ignorance du CE que l'on avait en France à l'époque. Ce qui est clair en tout cas, c'est que Letort prend en compte très vite et très sérieusement la nouvelle discipline qui apparaît pour la première fois dans l'enseignement de l'école, à la rentrée

de septembre 1949. Il est intéressant de lire ce qui est écrit dans le rapport d'activité de l'année 1948-1949⁵⁵ à ce sujet :

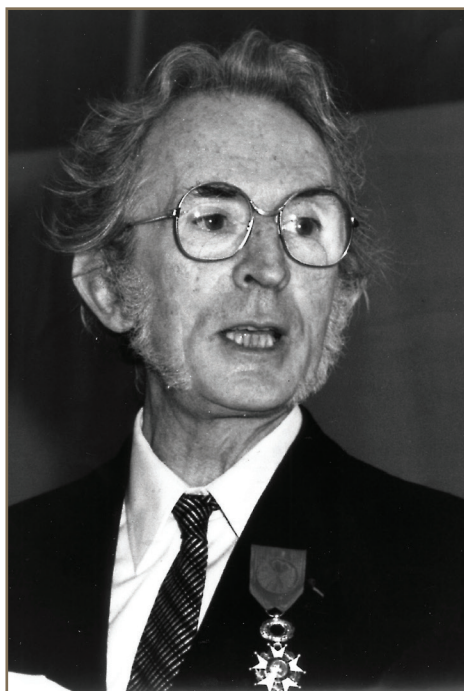
2°/ Une importante extension a été également faite (aux dépens de cours descriptifs, car on ne saurait charger démesurément l'emploi du temps des élèves) du côté de ce qu'on convient d'appeler le génie chimique, domaine qui est peu développé dans les écoles de chimie française de formation générale. [...] L'enseignement [échanges thermiques et distillation] se continue comme par le passé, mais à partir de la rentrée 1949, il est doublé d'un nouveau cours sur les phénomènes de diffusion, les transports de fluide et autres problèmes de l'art de l'Ingénieur-chimiste. [...] Cet enseignement est nettement conçu dans le sens de l'utilisation : il conviendrait, par exemple qu'en fin d'année scolaire, les ingénieurs de l'école soient à même de se servir avec facilité et succès de la littérature spécialisée de «chemical engineering» tel le fameux *Chemical Engineers Handbook* de J.H. Perry.

Plusieurs points peuvent être soulignés dans ce rapport, dont on peut imaginer qu'il ait été écrit sinon par Letort lui-même, alors Directeur de l'École, du moins sous son contrôle : «*ce qu'on convient d'appeler le génie chimique*» : la manière dont cela est rédigé laisse quand même un peu à penser à un certain opportunisme, même si les choses changeront par la suite. En 1951, Letort fera un exposé sur «*la formation technique de l'ingénieur chimiste moderne*» au congrès de Paris

55 [Archives ENSIC, «Rapport d'activité», année 1948-1949.]



Maurice Letort



Pierre Le Goff

de la Société de Chimie Industrielle⁵⁶, formation technique où il justifiera longuement l'intérêt du génie chimique dans la formation des ingénieurs.

Autre remarque : « l'extension » est effectivement en parfaite cohérence avec la réforme Travers : « *la culture mathématique et physique élevée des élèves ingénieurs de l'école leur permettra de tirer un large profit de ce nouvel effort.* » Il est à noter qu'en septembre 1948, Letort avait passé plusieurs semaines aux États-Unis, pour visiter les principaux départements de CE, dont celui du MIT.

Le génie chimique se développe effectivement rapidement dans l'enseignement de l'École : une chaire est créée en 1952, confiée à René Gibert, puis à partir de 1959 à Pierre Le Goff (1923-2005), qui va devenir le Responsable et coordinateur de la discipline, et quelque part, l'âme et le symbole du génie chimique à Nancy⁵⁷. Il avait lui aussi séjourné aux États-Unis (trois mois pendant l'hiver 1955-1956) pour bien connaître et appréhender l'approche nord-américaine.

Parallèlement, Letort lance à partir de 1951, un projet de construction de hall génie chimique, projet qui aboutira deux ans plus tard, grâce à l'appui de Donzelot avec l'attribution d'un crédit important

de la part du ministère, pour la création d'un département et la construction d'un bâtiment qui lui soit associé. Il faudra cependant attendre encore plusieurs années (1957), pour voir démarrer effectivement la construction, qui sera terminée et inaugurée solennellement en 1961, bien après le départ de Letort de Nancy en 1956.

Il initiera enfin la venue de professeurs nord-américains de CE, en général pour un an, qui aideront énormément à « institutionnaliser » la nouvelle discipline⁵⁸. Le premier d'entre eux, Edgar L. Piret (Minnesota) en 1950-1951 publiera d'ailleurs un article à ce sujet en 1951 (Piret, 1951). D'autres professeurs le suivront, comme Barnett J. Dodge (Yale)⁵⁹ en 1951, Carol O. Bennett (Purdue)⁶⁰ en 1952-1953, qui contribueront à enraciner la discipline et approfondir son contenu. Letort quittera la Direction de l'ENSIC en 1956, pour prendre la Direction du CERCHAR (Centre de Recherches des Charbonnages de France). Son successeur, Henri Wahl, directeur de 1956 à 1961, apportera sa pierre à l'édifice (il publiera lui aussi un article sur le sujet

⁵⁸ Ces séjours en France s'inscrivaient dans le cadre des échanges scientifiques du plan Marshall.

⁵⁹ Barnett Dodge publiera en 1951 un long article dans la revue *Chimie et industrie* : « La profession d'ingénieur du génie chimique. Sa conception aux États-Unis » (Dodge, 1951).

⁶⁰ Carol Bennett, spécialiste de cinétique, fera par la suite de nombreux allers et venues entre la France (Nancy, Lyon, Paris) et les États-Unis, avant de se fixer définitivement au Laboratoire de Réactivité de Surface de l'Université Pierre-et-Marie-Curie à Paris. Aujourd'hui retraité, il vit toujours à Paris.

⁵⁶ Voir le texte de la conférence de M. Letort du 27.11.51 au congrès de Paris de la SCI (Letort, 1952).

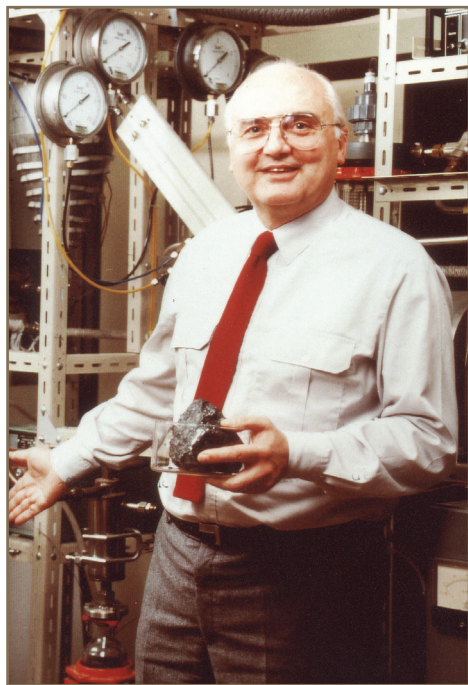
⁵⁷ Un numéro spécial de la revue *Entropie* a été consacré à l'ensemble de ses travaux scientifiques (le n° 180, paru en 1993).

en 1961⁶¹ et c'est lui qui aura le privilège de voir se construire et d'inaugurer le nouveau bâtiment).

Une autre personnalité marquante apparaîtra au début des années 1960, en la personne du Professeur Jacques Villiermaux (1935-1997). Ce dernier, spécialiste internationalement reconnu du « génie de la réaction chimique », auteur d'un livre de références dans le domaine (Villiermaux, 1982)⁶², sera le premier directeur du Laboratoire des

Sciences du Génie Chimique à Nancy. Membre de l'Institut, Lauréat de l'ICChE (Institution of Chemical Engineers) britannique et de l'AIChE, il entretiendra aussi des relations étroites avec de nombreux industriels, et sera en particulier le premier Président du Conseil Technologique de Rhône-Poulenc. Membre fondateur et président du comité scientifique du Groupe Français de Génie des Procédés, il sera un artisan infatigable du développement du Génie des Procédés en France.

Autorisation aimable de l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de Nancy



Jacques Villiermaux

⁶¹ Wahl, 1962. Voir aussi l'article de Josette Fournier dans ce numéro.

⁶² *Génie de la réaction chimique. Conception et fonctionnement des réacteurs* (Villiermaux, 1982).

Émergence et dissémination de la discipline

Du point de vue académique, dans la majeure partie des Écoles de Chimie, des enseignements de génie chimique (GC) vont apparaître au début des années 1960⁶³, au moins à titre d'introduction ou d'initiation au domaine. À l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSMMP), la nouvelle discipline fera son apparition en 1954 sous forme de conférences, en complément et annexe du cours de chimie indus-

⁶³ Un bilan de l'enseignement de quatre écoles de chimie (Lille, Lyon, Paris et Toulouse) fait en 1963 par un groupe d'étudiants de la section spéciale de l'ENSIC à Nancy, faisait apparaître une situation très similaire :

- Lille : GC 1 h 30 (3^e année) + Thermodynamique + cinétique 1 h.
- Lyon : GC 2 h (3^e année) + Phys. Indus. 1 h 30 + Thermodynamique 3 h. + cinétique chimique 1 h.
- Paris : GC T.P. de 4 h 1 sem. (3^e année).
- Toulouse : GC 2 h (3^e année).

[Archives personnelles de Jacques Breyse].

trielle, à l'issue d'une réflexion qui avait démarré en 1951⁶⁴. Pour l'ECP il faudra attendre 1963 pour voir pris en compte le GC dans le contexte du cours de M. Dubourg, «Applications industrielles et agricoles de la chimie organique». Il faut rappeler toutefois que dans ces deux Écoles existaient des enseignements de physique industrielle recoupant déjà certains sous-domaines du GC (mécanique des fluides, thermique, automatique, etc.)⁶⁵. À l'École Nationale Supérieure des Industries Agricoles (ENSIA), après des interventions régulières de sa part dans les années 1950, un enseignement permanent de génie des procédés industriels et alimentaires est confié à Marcel Loncin en 1962, en relation avec la publication de son ouvrage *Les opérations unitaires du génie chimique* l'année

précédente (Vigreux, 2011). À l'École Nationale Supérieure des Pétroles et des Moteurs (ENSPM), constituée et installée à Rueil en 1954⁶⁶, le GC apparaît dès cette date dans l'enseignement sous la forme d'un des quatre Centres d'Études Supérieures avec l'intitulé «Raffinage et génie chimique», en conséquence du rôle important joué très tôt par le CE dans les industries pétrolières aux États-Unis. Au Cnam, c'est André Étienne, ingénieur ESPCI, qui introduit la nouvelle discipline, dans la chaire intitulée «Chimie industrielle: Méthodes générales, synthèse et catalyses, applications»⁶⁷.

En 1962, un laboratoire de GC est créé à l'INSA de Lyon, dans le cadre du département de chimie, avant de passer dans celui du département énergétique. Il est confié successivement à Lucien Bonnetain et, après le départ de ce dernier à Grenoble, à Bernard Lespinasse, tous deux issus de Nancy. La construction d'un important hall d'essais est entreprise. En 1968, c'est la formalisation des deux premiers IUT (Institut Universitaire de Technologie) de GC à Toulouse et Nancy. Enfin, au début des années 1970, il est créé en France la première Université Technologique, celle de Compiègne, avec quatre départements dont un de GC. En 1958, une tentative est faite par Pierre Piganiol de créer un groupe de GC, auprès de la Société de Chimie

64 «M. Jolibois souligne l'intérêt qu'il y aurait à faire, en annexe au cours de chimie industrielle, 6 ou 7 conférences de génie chimique. Cette branche importante de la chimie appliquée, connaît en particulier aux USA – chemical engineering - un développement tel qu'il peut sembler paradoxal que les élèves de l'école des mines de Paris en ignorent même l'existence. M. Jolibois cite certains chapitres qui lui paraissent dignes de devoir être développés. M. Rey appuie M. Jolibois et souligne tout l'intérêt de cette suggestion. M. Bucher, sans nier cet intérêt indique qu'il serait également très souhaitable de faire parallèlement quelques conférences sur les engins de manutention... Le président considère que les propositions de MM. Bucher et Jolibois méritent d'être étudiées, mais qu'aucune décision ne peut être prise sans qu'on ait très scrupuleusement étudié les incidences qu'une suite éventuelle aurait sur l'enseignement, dans l'état actuel des programmes.» (Procès-verbal de la 238^e séance du comité d'enseignement, 17 octobre 1951, § 11 «Affaires diverses» – [Archives de l'ENSMP]).

65 Voir les annexes de l'ouvrage de Patrice Noailles (1984, p. 69).

66 Voir le chapitre II de l'ouvrage collectif sur l'histoire de l'IFP (Collectif, 2001).

67 En ce qui concerne le Cnam, voir les articles de Gérard Emptoz et d'Alain Delacroix dans ce numéro.

Industrielle avec trois types de moyens d'action (Piganiol, 1958, pp. 123-124) : la revue *Génie Chimique* (complément à *Chimie et Industrie*) comme organe de liaison⁶⁸, l'établissement d'un « guide répertoire de génie chimique » sous la responsabilité de Maurice Zundel, et enfin l'organisation de réunions techniques et scientifiques. À l'exception de la revue, cette tentative n'aura pas d'autres suites.

En juillet 1982, un rapport élaboré sous la Direction de Pierre Fillet, « La mission chimie », est remis au Ministre de la Recherche et de l'Industrie. L'objectif est de faire le point sur les axes de développement à soutenir en chimie. Le thème de la formation est aussi abordé, mais de façon succincte. Dans ce domaine, le rapport suggère la nécessité d'une adaptation de la formation, en termes d'ingénieurs d'application et d'ingénieurs de procédés. Toutefois, les recommandations restent limitées et très générales⁶⁹.

À la même époque, il se dessine une évolution importante, celle du GC vers le génie des procédés. Piret écrivait en 1951 de façon prémonitoire (Piret, 1951 : 191) : « *En fait, le génie chimique serait peut-être mieux désigné comme étant le génie des procédés, car il s'occupe surtout de procédés, soit physiques,*

soit chimiques ». Le terme va être repris et adopté par la communauté scientifique concernée (voir notre introduction). Il est aussi intéressant de mentionner la nouvelle définition du CE qui était proposée aux membres de l'AICHE la même année, également caractéristique d'une évolution au-delà de la chimie : « *Chemical Engineering is the profession in which a knowledge of mathematics, chemistry and other natural sciences gained by study, experience and practice is applied with judgment to develop economic ways of using materials and energy for the benefit of mankind* » (cité par Villermaux *et al.*, 1983, p. 21).

À la fin des années 1980, le 10 mai 1988 est créée une association, « le Groupe Français de Génie des Procédés » ayant pour objet la promotion du génie des procédés en France. Son premier président en sera un industriel, Gilbert Gaillard (Société Française Hoechst). Deux ans après, une mission d'études lui est confiée par le ministère de la Recherche (Hubert Curien)⁷⁰ pour identifier les différents centres ayant vocation à compétence en génie des procédés. Quatre critères sont retenus : compétence en « Recherche et Développement » à l'appui d'un DEA (Diplôme d'Études Approfondies), ancrage (et soutien) régional, reconnaissance internationale (enseignement et/ou recherche), complémentarités et collaboration avec d'autres pôles. La

⁶⁸ Le premier numéro de la revue est paru en janvier 1955.

⁶⁹ « Mission Chimie », Rapport à M. le Ministre d'état, Ministre de la recherche et de l'industrie, juillet 1982 [Archives du Ministère de la recherche – cote CD, D2792]. Voir pp. 37-38.

⁷⁰ Décision du conseil des ministres en date du 11 juillet 1990.

mission sera assurée par, outre Gaillard, Claude Detrez, à l'époque délégué du CNRS au Groupe Français de génie des procédés, et par Édouard Borenfreund, de la Direction des Recherches de la société française Hoechst. Ce rapport aura l'immense mérite de mettre à plat ce qui existait à l'époque en France dans le domaine, et de faire un certain nombre de suggestions en matière d'organisation dont certaines verront le jour dans les années qui suivront. Le rapport de mission remis en juin 1991 au Ministre⁷¹ comportait des annexes détaillées sous forme de «rapports régionaux» décrivant les ressources de chacun des pôles retenus. D'un point de vue comptable, le rapport fait apparaître un «flux» de 600 ingénieurs, dont 300 formés dans des structures spécifiquement «génie des procédés», contre 1400 en Allemagne. L'écart n'apparaît pas si considérable, même si l'on peut parfois faire quelques réserves sur la pertinence du choix de certains laboratoires de par le domaine scientifique couvert.

Conclusion

On ne peut comprendre la tardive émergence du *Chemical Engineering* en France (sous le vocable génie chimique) sans prendre en considération au moins trois aspects: d'abord, on pourrait dire en toile de fond, la priorité donnée en France à la recherche pure/fondamentale par rapport à la recherche appliquée/industrielle dans toute la première moitié du xx^e siècle. À titre d'illustration, en avril 1937, Jean Perrin, lors d'une cérémonie commémorative à la mémoire de Henry Le Chatelier disparu l'année précédente⁷², en avait profité pour rappeler quelques idées-forces: «*Ici encore, tout en reconnaissant l'importance immense de la science appliquée, je crois devoir faire des réserves quant à la généralité des directives proposées par Le Chatelier et je dois maintenir, malgré toute son autorité, que si la science appliquée doit en effet prendre toute l'ampleur qu'il désirait, c'est pourtant de la science pure, poursuivie sans préoccupation d'utilité, que jaillissent toujours même les résultats pratiques les plus utiles*» (cité par Eidelmann, 1986, p. 120).

Ensuite, les débats du début du xx^e siècle sur les problèmes de l'industrialisation en chimie sont intervenus à un «mauvais moment», lorsque les chimistes, longtemps écartés des postes de responsabilité dans l'industrie au profit des ingénieurs des Grandes Écoles, ont pris conscience collectivement de leur

⁷¹ *Analyse et schéma de développement des pôles de compétences Français en génie des procédés*, Rapport de mission Gilbert Gaillard, juillet 1990/juin 1991. [Archives du Ministère de la recherche – cote CD, D9988].

⁷² Séance solennelle à la mémoire d'H. Le Chatelier, 24 avril 1937, grand amphithéâtre de la Sorbonne.

situation⁷³. De ce fait, durant la période correspondant à la première guerre mondiale, toute sujétion à une vision technologique et mathématique de la chimie industrielle sera catégoriquement rejetée. Cela aura pour conséquence d'occulter toute réflexion à ce sujet dans la période qui va suivre entre les deux guerres.

Enfin, l'imbrication d'éléments de mathématique, physique et de chimie dans la « construction » du génie chimique - génie des procédés ne pouvait qu'inspirer de la méfiance à la communauté chimique, attachée à une conception beaucoup plus mono disciplinaire du savoir scientifique⁷⁴.

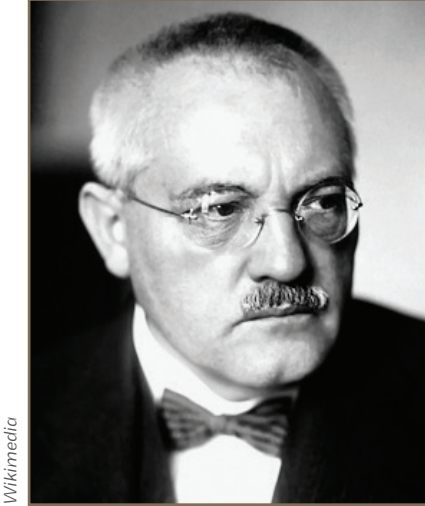
La question qui se pose est de savoir si cette tardive émergence a pu avoir des conséquences négatives sur l'industrie chimique française entre les deux guerres. On peut raisonnablement penser que non. À l'exception des États-Unis où le Chemi-

cal Engineering a représenté un avantage indéniable, dans les autres pays développés les différences de savoir technologiques que cela aurait pu induire en matière d'industrialisation, n'étaient probablement pas assez significatives. Aujourd'hui, en raison du développement du génie des procédés dans la deuxième moitié du xx^e siècle, il est devenu en tout cas une discipline essentielle en matière d'industrialisation.

73 André Grelon, dans une intervention au récent congrès de la Société Française d'Histoire des Sciences et des Techniques, a longuement évoqué le cas de leur situation sociale et collective (« Un éclairage sur les chimistes français dans l'entre-deux-guerres : leur formation, leurs carrières, leurs représentations. Une analyse à partir d'une lecture de *l'Ingénieur Chimiste* (1919-1939) », Congrès SFHST, 28-30 avril 2014).

74 Ce qui explique peut être - avec la "méfiance" des chimistes - la très laborieuse reconnaissance du GP par le CNRS dans le cadre du département Sciences Physiques pour l'Ingénieur (SPI), ou une section spécifique dédiée au génie des procédés n'apparaîtra qu'en 1982 ! (Entre 1975 et 1982, le génie chimique n'est qu'un des éléments de la sous-section « énergétique » de la section IV.) Voir à ce sujet : Girolamo Ramunni (1995) concernant les circonstances de la création du SPI et l'histoire de ses vingt premières années (1975-1995).

Carl Bosch (1871-1940), le contre-exemple...



La séparation chère à Duisberg entre chimiste et ingénieur aura des exceptions avec certaines personnalités, par exemple celles ayant la double compétence chimie et ingénierie. C'était le cas de Carl Bosch : il eut un parcours professionnel varié : il avait été embauché comme apprenti dans une usine métallurgique, où il avait pratiqué la mécanique. Il avait ensuite étudié la métallurgie et le génie mécanique à Berlin deux ans, avant de démarrer des études de chimie à Leipzig, comme le relate Max Appl dans « The Haber-Bosch process and the development of chemical engineering » (*in* Furter, 1982, p. 37-38).

Dans le cas du développement industriel du procédé de synthèse de l'ammoniac de Haber, Carl Bosch sera nommé par BASF project leader à 35 ans. Appl écrit : « *It was significant that the management nominated a project leader in the person of Carl Bosch, although he held a chemical degree, could be considered by training and career just as much as a chemical engineer.* » Bosch organisa très vite une task force de collaborateurs compétents, caractéristique d'un « fonctionnement par projet » tel qu'on l'entend aujourd'hui, et lança un programme de recherches comprenant trois objectifs majeurs :

1. définir le catalyseur (Alwin Mittasch),
2. développer les équipements haute-pression nécessaires (Franz Lappe et lui-même),
3. définir les méthodes permettant de produire H_2 et N_2 au coût le plus bas possible.

Et dans la réalité du projet, ses deux aspects marquants, le choix des conditions opératoires et la définition des matériaux permettant de résister à la pression, seront une autre preuve de cette approche « procédés ». En ce qui concerne le premier point, c'est une démarche de Chemical reaction engineering (prise en compte de la cinétique et de l'ensemble des contraintes hydrodynamiques, dont celles de transferts thermiques) qui a permis de définir les conditions opératoires optimums. Au lieu de viser des conversions élevées à basse température et des temps de passage longs dans la zone de réaction, ce sont des conversions faibles à hautes températures et des temps de passage courts qui ont été choisis, avec recyclage partiel des gaz. Ce type de compromis est fréquemment fait aujourd'hui.

Eugène Pecllet (1793-1857) et Ernest Sorel (1850-1904) : deux pionniers du génie des procédés en France...

Wikimedia



Pécllet, Ancien élève de l'École Normale, revient à Paris en 1827 après avoir été Professeur de physique à Marseille depuis 1818. Il participe alors à la fondation de l'École Centrale de Paris, où il assurera l'enseignement de la physique générale depuis la fondation de l'École en 1829 jusqu'en 1836, puis la physique industrielle jusqu'à sa mort en 1857. Il publie un ouvrage important en 1828, le *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, qui n'aura pas moins de quatre éditions. On trouve tant dans l'organisation de l'ouvrage que dans le contenu des thèmes traités beaucoup d'analogies avec l'approche des « opérations unitaires ».

Autorisation aimable de la famille



Sorel, ancien élève de l'École Polytechnique, fera toute sa carrière dans le monde industriel (Malétra, Saint-Gobain, appareils de la Maison Savalle...). Après s'être intéressé aux procédés de l'industrie minérale (Acide sulfurique notamment), il travaillera dans le domaine de la distillation où il publiera plusieurs ouvrages de référence dans les années 1890 (Breyse, 2011). On le considère comme un des tout premiers à avoir établi les bases de calcul des colonnes à distiller (mise en œuvre systématique de bilans matières et thermique, décomposition de la colonne en étages virtuels ou l'on suppose les phases en équilibre thermodynamique).

Bibliographie

Aftalion, F. (1988). *Histoire de la chimie*. Paris : Masson.

Aubry, J. (1987). «Institut chimique de Nancy et l'École supérieure des industries chimiques de 1887 à 1946», *Centenaire ICN-ENSIC (1887-1987)*. Vandoeuvre : Institut national polytechnique de Lorraine.

Blondel, A. (1916). «Considérations générales sur les techniciens et sur l'enseignement technique». *Revue scientifique*, n° 15, 29 juillet-5 août 1916, pp. 449-456.

Breyse, J. (2011). «Ernest Sorel, un pionnier méconnu de la distillation et du génie des procédés». *Bulletin SABIX*, n° 48, pp. 63-70.

Cambon, V. (1901). *L'Allemagne au travail*. Paris : P. Roger (10^e éd. : 1917).

Caron, F. (1985). *Le résistant déclin des sociétés industrielles*. Paris : Librairie académique Perrin.

Cathala, J. (1951). «Le génie chimique : Historique de son développement – son objet et ses méthodes – programme de notre revue». *Chemical Engineering Science*, n° 1, pp. 1-7.

Chastrette, M. (2009). «La découverte de la fuchsine». *L'actualité Chimique*, n° 333, pp. 48-53.

Chezeau, J.-M. (2014). «Les chimistes, leurs institutions et leurs sociétés savantes entre les deux guerres : V - L'École de chimie de Mulhouse». *L'actualité Chimique*, n° 385, pp. 41-47.

Couret, F. (2003). «'Ingénieur-chimiste'... ou 'ingénieur chimiste' ? ». *L'actualité Chimique*, n° 265, pp. 30-36.

Collectif (2001). *Terre d'innovations. 1944-2000. Histoire de l'IFP des origines... à nos jours*, Rivet Presse Éditions.

Collectif (1994). «La chimie et l'Alsace, 1850-1920» (Actes de colloque). *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, n° 833/2, 1994.

Collectif (1905). «L'enquête sur les industries chimiques françaises». *Revue Scientifique*, n° 4/T. 3, pp. 97-128.

Daviet, J.-P. (1991). «L'industrie chimique française au tournant de la seconde industrialisation (1860-1939)». *Culture technique*, n° 23, pp. 53-67.

Davis, G. E. (1901). *Handbook of Chemical Engineering*, Manchester : Davis Bros.

Detrez, C. (1998). «L'évolution de l'école nationale supérieure des industries chimiques de Nancy». In Grelon, A. et Birck F. (dir.), *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX^e-XX^e siècles*. Metz : Éditions Serpenoise, pp. 237-250.

Detrez, C. et Grossetti, M. (1998) «*Le génie chimique en France : la difficile genèse d'une science appliquée*», Paper for EASST'98 General Conference, Oct. 1-4 (version française).

Dodge, B. J. (1951). «La profession d'ingénieur du génie chimique. Sa conception aux États-Unis». *Chimie et industrie*, 66/5, pp. 703-709 et 66/6, pp. 867-874.

Duisberg, C. (1931). «The Education of Chemists». *J. Soc. Chem. Ind. Jubilee Number*, July 1931, pp. 171-175.

Eidemann, J. (1986). «Science industrielle contre science pure : la professionnalisation de la recherche dans les années trente». In Grelon, A. (dir.), *Les Ingénieurs de la crise*, Paris : EHESS.

Emptoz, G. (2010). «Ingénieurs et techniciens pour les industries de la chimie au XIX^e siècle : un aperçu des formations», in Lamard P. et Stoskop. S. (dir.), *L'industrie chimique en question*. Paris : Éd. Picard, pp. 15-27.

Fell, U. (2001). «Quelle liaison entre la science et l'industrie? La société de chimie industrielle entre les deux guerres». In Fell U. (dir.), *Chimie et industrie en Europe*, Paris, EAC pp. 69-95.

Fauque, D. (2013). «Les chimistes, leurs institutions et leurs sociétés savantes entre les deux guerres. I - Les congrès de chimie industrielle dans l'entre-deux-guerres: vitrine des relations entre l'industrie, la science et la politique». *L'actualité chimique*, n° 380, pp. 39-44.

Fonteneau, V. (2010), «D'un enseignement de chimie pratique et industrielle à une formation d'Ingénieur-chimiste. Les débuts de l'Institut de chimie de Paris (1896-1948)», in Lamard P. et Stoskopf, S. (dir.). *L'industrie chimique en question*. Paris : Ed. Picard., pp. 53-65.

Fleurent, E. (1915). *La Guerre. Les industries chimiques en France et en Allemagne*. Paris/Nancy : Berger-Levrault.

Furter W. F. (éd.) (1980). *History of Chemical Engineering*, Advances in Chemistry (series 190). Washington, D.C: American Chemical Society.

Furter W. F. (éd.) (1982). *A Century of Chemical Engineering*. New-York: Plenum Press.

Goertz, G. (1990). *L'industrie chimique dans le monde en 1910*. Genève: Centre d'histoire économique international.

Grandmougin, E. (1917). *L'essor des industries chimiques en France*. Paris: Dunod et Pinat.

Grelon, A. (1989). «Les universités et la formation des Ingénieurs en France (1870-1914)». *Formation et Emploi*, n° 27 et 28 pp. 65-88.

Grossetti, M. et Detrez, C. (2000). «Science d'ingénieurs et sciences pour ingénieurs. L'exemple du génie chimique». *Sciences de la société*, n° 49, pp. 63-83.

Grossetti M. *et al.* (1996). «Programme 'Villes et institutions scientifiques' Rapport final», Programme interdisciplinaire de Recherche sur les Villes (PIR – Villes – CNRS, Région Midi-Pyrénées). En ligne sur le site du LISST, Université de Toulouse 2 [URL : <http://w3.lisst.univ-tlse2.fr/cv/publis/MG4.pdf>].

Guillet, L. (1900). «Notre industrie et nos chimistes». *Revue scientifique*, n° 11, pp. 321-327.

Hitchcock, L. F. et Robinson, C. S. (1923). *Differential Equations in Applied Chemistry*. New York : John Wiley and Sons.

Hougen, O. A. (1977). «Seven Decades of Chemical Engineering». *Chemical Engineering Progress*, 73 (1), pp. 89-104.

Hougen, O. A., et Watson, K.M. (1931). *Industrial Chemical Calculations*. New York: John Wiley and Sons.

Kirkpatrick, S. D. (éd.) (1933). *Twenty-five Years of Chemical Engineering Progress*, New York : D. Van Nostrand and Co Inc.

Kuhn, T. S. (1983). *La structure des revolutions scientifiques*. Flammarion/Champ. Sciences.

Langlinay, É. (2014). «Les chimistes, leurs institutions et leurs sociétés savantes entre les deux guerres. IV - Albin Haller et la formation des chimistes français (1915-1925): projets et réalisations». *L'actualité chimique*, n° 384, pp. 46-50.

Lauth, C. (1900). *Rapport général sur l'histoire et le fonctionnement de l'École Municipale de physique et chimie industriels*. Paris: Lahure.

Lécuyer, C. (1995). «MIT. Progressive Reform and Industrial Service, 1890-1920». *Historical studies in the physical sciences*, 26/1, pp. 1-54.

Letort, M. (1961). «Génie chimique». *Génie chimique*, 86/3 (supplément «Chimie et industrie»), pp. 53-63.

- Letort, M. (1952). «La formation technique de l'ingénieur chimiste moderne». *Revue générale des sciences pures et appliquées*, tome LIX, pp. 94-113.
- Meinel, C. (2001). «Sceller l'alliance entre la science et l'industrie: le triple fondement de la chimie en Allemagne à la fin du XIX^e siècle». In Fell U. (dir), *Chimie et industrie en Europe*, Paris: EAC pp. 149-165.
- Ndiaye, P. (2001). *Du nylon et des bombes*. Paris: Belin, pp. 83-90.
- Noailles, P. (1984). *L'École centrale de Paris*. Paris: Ellipses.
- Onken, U. (1997). «The Development of Chemical Engineering in German Industry and Universities». *Chemical Engineering and Technology*, 20, pp. 71-75.
- Alwin Parnicke (traduction de E.M. Campagne), *L'appareillage mécanique des industries chimiques*, Paris: Dunod et Pinat, 1906.
- Peppas, N. A. (éd.) (1989). *One Hundred Years of Chemical Engineering*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Perry, J. H. (1934). *Chemical Engineer's handbook*, McGraw-Hill.
- Piganiol, P. (1958). Éditorial de la Revue *Génie chimique/chimie et industrie*, 80/5, pp. 123-124.
- Piret, É. L. (1951). «Qu'est-ce que le génie chimique?». *Chimie et industrie*, 66/2, p. 189.
- Ramunni, G. (1995). *Les sciences pour l'ingénieur. Histoire du rendez-vous des sciences et de la société*. Éd. du CNRS.
- Reynolds, T. S. (1983). *75 Years of Progress. An History of the American Institute of Chemical Engineers 1908-1983*, New York: AIChE.
- Rollet, L. (2007). «L'École Nationale supérieure des industries Chimiques de Nancy et ses partenaires industriels (1920-1960)». In Rollet, L. et Choffel-Mailfert, M.-A., *Aux origines d'un pôle scientifique. Faculté des sciences et Écoles d'ingénieurs à Nancy du second Empire aux années 1960*. P.U. Nancy, pp. 205-281.
- Sakudo, J. (2011). *Les entreprises de la chimie en France de 1860 à 1932*, Bruxelles: Peter Lang.
- Scriven, L.E. S. (1991). «On the Emergence and Evolution of Chemical Engineering». *Advances in Chemical Engineering*, vol. 16, pp. 3-40.
- Sordes, R. (1928). *Histoire de l'enseignement de la chimie en France*. Paris: Éd. Chimie et industrie.
- Vigreux, P. (2011). «La naissance en France de l'enseignement du génie des procédés alimentaires». *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 20, 2011/2, pp. 135-145.
- Villiermaux, J., David, R., Houzelot, J.-L. et Schweich, D. (1983). «Vous avez dit génie des procédés?». *L'actualité chimique*, mai 1983, pp. 19-27.
- Villiermaux, J. (1993). «Le génie des procédés: une science clé pour l'ingénieur». In Storck, A. et Grevillot G. (dir.), *Génie des procédés*. Paris: Tech et Doc, pp. 1-21.
- Villiermaux, J. (1982). *Génie de la réaction chimique. Conception et fonctionnement des réacteurs*. Paris: Tech et Doc.
- Wahl, H. (1962). «L'enseignement du génie chimique en France». *Chimie et industrie*, 87/4 bis, pp. 47-52.
- Walker, W. H, Lewis, W. K, et McAdams, W. H. (1923). *Principles of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Wei, J. (1985). «The Rejuvenation of Chemical Engineering». *Chemtech*, pp. 655-657.

La carrière d'André Étienne, Professeur de chimie industrielle (1955–1980) au Cnam

Gérard Emptoz

Professeur honoraire de l'université de Nantes, Commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, vice-président du Club d'histoire de la chimie – SCF.

Résumé

Discipline dispensée depuis 1839 dans les enseignements du Cnam, la chimie industrielle a dû régulièrement évoluer au fil des années pour répondre aux évolutions du secteur de production correspondant. Après la seconde guerre mondiale, une filière nouvelle apparaît en France sous le nom de génie chimique. Cette spécialité destinée à la formation des futurs personnels des productions chimiques a été introduite peu après au Cnam dans le cursus classique de la chimie industrielle. C'est André Étienne, ingénieur de l'École supérieure de physique et de chimie, nommé professeur en 1955, qui a été le maître de cette évolution. L'évocation de son parcours scientifique et technique permet de souligner le rôle clé qu'il a joué en donnant aux élèves un enseignement moderne réunissant des connaissances théoriques et pratiques qui incorporaient le génie chimique, et aussi en s'entourant d'une équipe d'enseignants et de chercheurs qui ont mené de nombreuses recherches en étroite relation avec des entreprises industrielles.

Introduction

Entre tradition et modernité, la nomination en 1955 d'André Étienne comme professeur à la chaire de Chimie industrielle du Cnam marque un tournant dans l'histoire de l'enseignement dans l'institution. L'introduction ou non du génie chimique, nouvelle spécialité qui était à cette époque en cours d'implantation au niveau national, a donné lieu à des débats pour le recrutement du futur professeur. Une fois nommé, Étienne, ingénieur ESPCI formé à la recherche et convaincu de la nécessité d'innover dans la formation des chimistes, va s'appliquer à enseigner le génie chimique au cours des vingt-cinq années de sa présence dans la chaire. Par ses initiatives, cette spécialité à vocation industrielle a pu trouver place au Cnam, alors même qu'elle restait encore absente dans d'autres établissements d'enseignement en chimie.

Dans la première partie, cet article évoque les origines, la formation et les

premières étapes de la carrière d'Étienne. Celle-ci est marquée par des recherches scientifiques et techniques au cours d'un aller et retour entre le Collège de France et les services de l'État (Armée). La seconde partie décrit la carrière d'Étienne au Cnam, durant laquelle il n'a cessé de développer son enseignement de chimie industrielle tout en dirigeant de nombreuses recherches en relation avec les industries chimiques.

Origine sociale et formation

Fils unique d'Eugène Achille Étienne et de Josephe Léonie Dunand-Frere, André, Jules Étienne est né le 12 janvier 1912 à Paris 14^el.

Son père, issu d'une famille nombreuse de vigneron de Sasseysur-Meuse (Meuse), était venu à Paris pour entrer dans la Garde Républicaine où il y a fait toute sa carrière, et qu'il a terminée comme adjudant. Sa mère est aussi d'origine rurale, issue d'une famille d'agriculteurs originaire de Marthod (Savoie). Comme son futur époux, elle est venue à Paris. C'est là qu'ils se sont rencontrés et mariés en 1910.

La formation d'André Étienne s'est entièrement déroulée à Paris. Après l'obtention du Certificat d'études primaires, il poursuit ses études à l'École primaire

supérieure Arago, actuellement le lycée Arago, où les meilleurs élèves peuvent préparer un baccalauréat section moderne (section D, sciences-langues). Il obtient le baccalauréat «Mathématiques élémentaires» en 1929, et passe avec succès, la même année, le concours d'entrée à l'École supérieure de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris (ESPCI). À l'issue de ses études, âgé de vingt ans, Étienne devient en juillet 1932 ingénieur diplômé de cette école (promotion 48). Il complète ce cursus en obtenant en 1933 le diplôme d'ingénieur de l'École du chauffage industriel (ECI).

Son service militaire, effectué dans l'Artillerie, se termine dans le grade de sous-lieutenant. Le jeune ingénieur décide alors de faire de la recherche, activité qui le passionne depuis ses études à l'ESPCI, et qu'il ne quittera pas au long de sa carrière. Il entre alors au laboratoire de Chimie organique du Collège de France, dirigé par le professeur Charles Dufraisse (1885-1969)². C'est le premier séjour effectué par Étienne dans cette institution scientifique prestigieuse. Durant deux années, il y entreprend ses premiers

¹ État civil, Paris 14^e arrondissement [Archives famille Étienne].

² Charles Dufraisse, pharmacien et chimiste, préparateur de Charles Moureu, à l'École de pharmacie, a suivi celui-ci au Collège de France où il prendra sa succession comme professeur de Chimie organique en 1942. Dufraisse a été aussi professeur de chimie organique à l'ESPCI de 1927 à 1956. À ce titre, il a eu Étienne comme élève dans cette école et il a pu y remarquer ses capacités. Sur Dufraisse, voir les notices biographiques accessibles sur Internet (Wikipedia, Académie des sciences notamment) et celle de B. Sillion dans *Itinéraires de chimistes 1857-2001* (Lestel, 2007, pp. 165-170) (liste non exhaustive).

travaux de chimie organique. C'est aussi le début d'une longue carrière de chimiste qui le mènera dans d'autres lieux de recherche jusqu'au Cnam. On verra aussi que le soutien de Dufraisse comptera beaucoup dans cette carrière.

Sur le plan personnel, le jeune ingénieur-chercheur pratique la montagne, dans les Alpes où se trouvent ses racines maternelles. Au cours d'un séjour de vacances dans cette région, il y rencontre Henriette Pelletier, sa future épouse, ancienne élève de l'École normale de Sèvres, et originaire de Chalon-sur-Saône, et professeur de lettres au lycée de Dijon. Ils se marient le 24 août 1941, et leur couple aura deux garçons : Jean-Paul, né en 1944 et Pascal, né en 1948³.

Une carrière d'ingénieur avant la nomination au Cnam

Commencée en 1933 au Collège de France, la carrière d'Étienne débute durant une période très difficile sur le marché du travail en France, marquée notamment par le chômage des jeunes ingénieurs⁴. La recherche académique est peu lucrative, et pour trouver une situation stable, Étienne passe avec succès le concours du Service des poudres et y entre en 1935 comme

Ingénieur-chimiste de troisième classe. Au total, il va travailler dans les services de l'Armée durant huit ans.

Au bout des trois premières années dans cette fonction, de 1935 à 1941, Étienne devient ensuite, pendant la guerre, ingénieur des Fabrications chimiques des Services chimiques de l'État de 1941 à 1943. Puis, cette année-là, en pleine période de l'Occupation, il revient au Collège de France pour prendre le poste de sous-directeur du laboratoire de Chimie organique que lui offre Dufraisse⁵. Ensuite, de 1943 à 1955, il reste dans cette institution et accumule une solide expérience scientifique et industrielle.

En effet, durant toute cette première partie de sa carrière, André Étienne se manifeste par une série de publications de recherche très variées, en relation avec les différentes activités professionnelles qu'il exerce.

Au Collège de France, il étudie d'abord les phénomènes d'oxydation et leur inhibition par des antioxygènes dans le caoutchouc, poursuivant sur les composés de structure anthracénique pouvant donner des photooxydes. Ces recherches seront reprises lors de son retour au Collège de France.

Au service des Poudres, où il est affecté à la poudrerie du Bouchet, il

³ Des informations et de nombreux documents nous ont été aimablement transmis par la famille Étienne pour être utilisés dans le présent article.

⁴ Sur cette période critique pour l'emploi des ingénieurs, voir Grelon (1986).

⁵ Dufraisse venait d'être nommé professeur à la chaire de chimie organique du Collège de France en 1942 (cf. note 2).

étudie jusqu'en 1940 des composés organiques de l'arsenic pouvant avoir un intérêt militaire.

Aux Services chimiques de l'État, il s'occupe ensuite de recherches de produits de remplacement de certaines matières premières difficiles à obtenir en période de restriction : dérivés d'acides gras pour fabriquer des détergents, puis des matériaux de remplacement d'élastomères analogues au caoutchouc.

À son retour au Collège de France en 1943, il étudie sous la direction de Dufraisse l'union labile de l'oxygène et du carbone, et particulièrement dans des structures hétérocycliques. Entre-temps il a obtenu la Licence ès sciences avec des certificats de Mécanique rationnelle, de Mathématiques et de Physique et Chimie générales.

Sa contribution à la chimie et la photochimie des azanthracènes-alpha devient le sujet de sa thèse de Doctorat ès sciences physiques qu'il soutient le 28 novembre 1945 devant la Faculté des sciences de Paris sur le sujet : «Azanthracène-alpha. Recherches en relation avec la photochimie», obtenue avec la mention «Très honorable».

Accumulant les études, il encadre aussi au Collège de France une quinzaine de thésards, et publie beaucoup d'articles scientifiques. Il contribue aussi à l'œuvre collective du *Traité de Chimie organique* de Victor Grignard, avec la rédaction de 500 pages sur les composés de sa spécia-

lité. Il se fait aussi remarquer en recevant le Prix Henry Wilde, de l'Académie des sciences en 1948⁶.

À côté de ces nombreuses activités scientifiques, l'invention technique reste aussi un objectif pour Étienne. Pour les chimistes organiciens, il conçoit un appareil d'analyse élémentaire pour le dosage du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, des halogènes et du soufre dans les produits. Mis au point en 1949 avec le directeur des établissements Hermann-Moritz, constructeur d'instruments scientifiques, cet appareil a connu une large diffusion en France et à l'étranger. Par ailleurs, Étienne met en évidence des composés radicalaires dans les houilles au moyen de la résonance paramagnétique électronique. La méthode permet d'évaluer le degré de houillification lié à l'âge des charbons.

Enfin, Étienne établit des relations scientifiques et techniques avec des industries. En 1951, il est ingénieur-conseil aux Usines chimiques de Mazingarbe (Pas-de-Calais). Cette entreprise est spécialisée dans les dérivés de la houille et de la carbochimie, un secteur alors essentiel dans la chimie de l'après-guerre avant que n'apparaisse la pétrochimie en France. Participant à la mise au point de techniques avancées, il perfectionne des procédés de catalyse, de génie chimique

⁶ Dufraisse a été élu membre de la section de Chimie de l'Académie des sciences le 19 janvier 1948 (Institut de France, 1979, p. 227). Le nouvel académicien aurait pu soutenir cette candidature d'Étienne pour le Prix.

et de contrôle. Il a ainsi déposé ses premiers brevets, une série inaugurée par celui déposé aux États-Unis avec Dufraisse, le 25 septembre 1952, au nom de l'État français par la Société d'électrochimie, d'électrometallurgie et des aciéries électriques d'Ugine et L'Air Liquide⁷. Le second est déposé le 26 mai 1953 avec Charles Degent par Gaz de France⁸. On verra qu'Étienne poursuivra les dépôts tout au long de sa carrière en étroite relation avec plusieurs entreprises industrielles de la chimie.

Vers la nomination au Cnam comme professeur titulaire

En mars 1955 André Étienne présente sa candidature à la chaire de Chimie industrielle au Cnam, rendue vacante à la suite du départ à la retraite du professeur Auguste Chagnon, son titulaire. Celui-ci, ancien professeur de chimie à l'École centrale des arts et manufactures, avait été nommé à la chaire du Cnam en 1943⁹. Cette chaire est la deuxième chaire de «Chimie appliquée» créée en 1839, dont le premier titulaire avait été Anselme Payen.

Pour le poste mis en concours, Étienne présente un dossier très étoffé dans lequel il présente l'ensemble de toutes ses activités et ses publications¹⁰. Toutefois il va se trouver en concurrence avec deux autres candidats tout aussi compétents. Ils sont, d'une part, Henri Lefebvre, polytechnicien, docteur ès sciences, professeur et doyen de la Faculté des sciences de Lille, et directeur de l'Institut de chimie appliquée de cette ville, et d'autre part, Henri Wahl, docteur ès sciences, ancien chef de travaux pratiques de Chimie tinctoriale au Cnam (de 1930 à 1940, réintégré en 1944), pharmacien diplômé, et professeur de chimie organique industrielle à la faculté des sciences de Nancy¹¹.

Comme le souligne le rapport de la Commission du Cnam, placée sous la présidence d'Henri Lafuma et chargée d'examiner les titres et travaux des candidats, ceux-ci sont tous déclarés «*parfaitement qualifiés*». Ils ont tous réalisé des travaux de recherche originaux dans des domaines différents. Les candidats ont aussi dirigé des élèves, et des thèses de doctorat d'université et d'ingénieurs docteurs. Ils manifestent tous «*d'un goût très net pour la formation des chercheurs; ils s'y consacrent avec conscience et dévouement*». Le rapport mentionne aussi que ces candidats ont tous les contacts industriels

⁷ Étienne A. & Dufraisse C., «Process for the manufacturing of hydrogen peroxide» (Brevet US 2862794, publié le 02-12-1958).

⁸ Étienne A. & Degent C., «Nouveau procédé d'obtention de dérivés mésodiaril-anthracènes» (Brevet FR 1085860, publié le 08-02-1955).

⁹ Izoret G., «Chagnon Auguste (1885-1974), professeur de Chimie industrielle (1943-1955)» (*in* Fontanon et Grelon, 1994, pp. 308-314).

¹⁰ Document photocopie: «Titres et travaux scientifiques de M. André Étienne,» 1955 [Archives Cnam – Chaire de Chimie industrielle]. Le document fournit une liste de 119 notes et articles, sans mentionner les brevets.

¹¹ Voir l'article de Josette Fournier sur Henri Wahl dans ce numéro.

souhaitables : les Houillères du Nord Pas de Calais pour Étienne, l'Institut de la houille et les Houillères pour Lefebvre, et les établissements Guillemot, les établissements Clin, Comar et Byla, et la C^{ie} française des matières colorantes pour Wahl. La Commission estime, dans la conclusion, que devant ces mérites très comparables, les exposés des candidats devraient permettre d'avoir « *une influence plus déterminante que d'habitude dans le classement qu'établira le Conseil de perfectionnement* »¹². Devant les qualités des candidats, le choix semblait donc difficile.

L'autre aspect de ce recrutement est lié au contenu de la formation à donner. À ce sujet, l'intitulé de la chaire est mis en question depuis le début des discussions en novembre 1954 : que doit comporter l'enseignement de la chimie industrielle au Cnam¹³ ?

Dans l'histoire de la chimie française, la période correspond à celle qui voit la mise en place d'une nouvelle filière de formation d'ingénieurs spécialisés en génie chimique, filière créée d'abord en 1948 à Toulouse à l'initia-

tive de Joseph Cathala, puis en 1955 à l'ENSIC de Nancy, comme le rappellent, dans ce numéro, Jacques Breyse dans une présentation historique de la spécialité depuis ses origines, et Josette Fournier au sujet d'Henri Wahl enseignant à Nancy avant de venir au Cnam. La création de l'Institut du génie chimique à Toulouse suivie par la création d'un enseignement similaire à Nancy avaient été des événements dans les milieux de la chimie française. On sait que cette spécialité ne recueillait pas l'approbation générale, étant souvent considérée comme une combinaison de spécialités étrangères à la chimie (Grossetti et Détrez, 1999)¹⁴.

Dans ces conditions, au moment où s'ouvrait à Nancy une filière consacrée au génie chimique en 1955, la chimie industrielle classique devait-elle prendre en compte au Cnam cette nouvelle orientation ? Certains membres de la Commission la considéraient comme une spécialité différente. En effet, elle comportait de la chimie fondamentale et appliquée aux différentes branches de l'industrie, mais aussi des connaissances relevant de la mécanique et de la physique, qui sont mises en œuvre dans la réalisation concrète des opérations dans les industries chimiques. Les débats ont été nombreux au Cnam sur la prise en compte ou non du génie chimique dans

12 Lafuma H., « Rapport fait au nom de la Commission, chargée, par le Conseil de perfectionnement, d'examiner les titres et travaux des candidats à la chaire de Chimie industrielle du Conservatoire national des arts et métiers », 22 avril 1955, tapuscrit [Archives Cnam – Fonds CDHTE, Vacance de Chaire – Chimie industrielle 1955].

13 Denivellet L., « Rapport de la commission chargée d'étudier l'orientation de l'enseignement de la chimie industrielle », 2 décembre 1954 [Archives Cnam – Fonds CDHTE, Vacance de Chaire – Chimie industrielle 1955].

14 Plus généralement, le présent article a largement utilisé des éléments historiques réunis par Jacques Breyse sur les cas de Toulouse et de Nancy. Nous le remercions vivement des discussions fructueuses que nous avons eues à ce sujet.

le cursus, comme le montrent les archives de la chaire¹⁵.

Le Conseil de perfectionnement du Cnam décide le 11 octobre 1954 d'installer une commission d'études comprenant des professeurs du Cnam, au nombre de neuf¹⁶, et des représentants de grandes entreprises chimiques, au nombre de huit¹⁷. Le rapport fait par Denivelle fait état des débats sur les besoins en formation des futurs ingénieurs issus du Cnam. La question d'un cours sur le génie chimique est discutée, le nombre d'ingénieurs formés dans cette spécialité est examiné, les filières existantes sont citées¹⁸. On évalue les besoins en ces termes : «*L'industrie chimique dans son ensemble n'a besoin que d'une vingtaine de ces spécialistes par année.*»¹⁹ Il semble donc qu'un nouvel enseignement de génie chimique ne serait pas justifié. Cet avis est renforcé par la conclusion à laquelle l'Union nationale des Associations d'Anciens Élèves des Écoles nationales de chimie venait de publier le

28 octobre 1954, conclusion citée intégralement dans le rapport de la commission du Cnam. On y note ce passage : «*Il n'est pas nécessaire de multiplier les écoles du Génie chimique ; il est préférable de doter les E.N.S.C. de chaires de chimie industrielle où d'éminents spécialistes de l'industrie pourraient donner aux élèves les compléments de formation sous forme de cours ou de conférences.*»²⁰ Après discussion, la conclusion du rapport de la Commission du Cnam est la suivante : «*Les représentants de l'industrie souhaitent donc que le Conservatoire maintienne un enseignement de chimie industrielle ; cet enseignement devrait d'ailleurs continuer à être plus orienté vers l'étude de la mise en œuvre des matières et de la conduite des réactions que vers la description des appareillages.*»²¹

Une nouvelle réunion de la Commission le 18 janvier 1955 permet alors de finaliser les débats autour de l'enseignement de la chimie industrielle. Denivelle y résume les deux conceptions qui ont été examinées : soit un cours «*destiné à compléter nos enseignements spécialisés en chimie et traitant donc les grands chapitres de la chimie appliquée que n'abordent pas ces enseignements, soit un cours consacré essentiellement à l'étude des méthodes générales et des procédés mis en œuvre dans l'industrie chimique moderne*». Cette dernière formule est retenue par la commission. Et en conclusion, Denivelle résume la proposition

15 Registres du Conseil de perfectionnement du Conservatoire national des arts et métiers, Procès verbaux des séances, 1954-1955 [Archives Cnam – Fonds d'administration générale/Chaires, D41.5/2].

16 MM. Audubert, Chagnon, Denivelle, Dubrisay, Lafuma, Lavollay, Saint-Maxen, Thery et Veron.

17 MM. Borocco (Saint-Gobain), Gall (Ugine), Jean (Naphchimie), Lagneau (Progil), Landucci (Kodak et UNIC), Marteret et Paul (Rhône-Poulenc), Ritter (C^{ie} française des matières colorantes).

18 L'école de chimie de Nancy, du génie chimique de Toulouse, l'ESPCI, l'école Chimie de Paris, l'ECP et l'IFP sont mentionnés.

19 Rapport de la Commission d'études, par L. Denivelle, daté du 14 décembre 1954, p. 2 [Archives Cnam – Fonds CDHT, Vacance de chaire, Chimie industrielle, Cnam, 1955].

20 *Ibid.*, p. 3.

21 *Idem.*

pour le Conseil de perfectionnement en ces termes : la chaire pourrait être intitulée « Chimie industrielle : méthodes générales – synthèses et catalyse »²².

Après l'audition des candidats le 20 mai 1955, le classement par le Conseil de perfectionnement place H. Wahl en première ligne et Étienne en seconde. Le Conseil d'administration inverse ensuite le classement, et l'Académie des sciences, après discussion où intervient notamment L. de Broglie, place finalement Étienne en première ligne. On peut supposer que le fait d'être un élève et l'adjoint de Dufraisse au Collège de France a été un atout pour Étienne²³. Scientifique reconnu et ingénieur confirmé, celui-ci est donc nommé officiellement professeur de la chaire de Chimie industrielle au Conservatoire national des arts et métiers le 1^{er} novembre 1955²⁴.

Dès sa nomination Étienne va s'atteler à mettre en place et déployer au Cnam ses activités en deux directions

²² Denivelle L, « Rapport du 18 janvier 1955 », une page [Archives Cnam – Fonds CDHT, Vacance de chaire, Chimie industrielle, Cnam, 1955].

²³ Le soutien de Dufraisse pour cette nomination semble assez logique. L'avis de l'Académie des sciences est obligatoire dans le processus de nomination aux chaires du Cnam. Étienne, un proche de Dufraisse, est aux yeux de ce dernier peut-être le plus ouvert des trois candidats aux nouvelles orientations des industries chimiques. En comparaison, les deux autres avaient des cursus plus classiques.

²⁴ Registres du Conseil d'administration du Conservatoire national des arts et métiers, Procès verbaux des séances, 1954-1955 [Archives Cnam – Fonds d'administration générale/chaïres, D41.5/2]; dossier personnel d'André Étienne [Archives Cnam – dossiers des Professeurs].

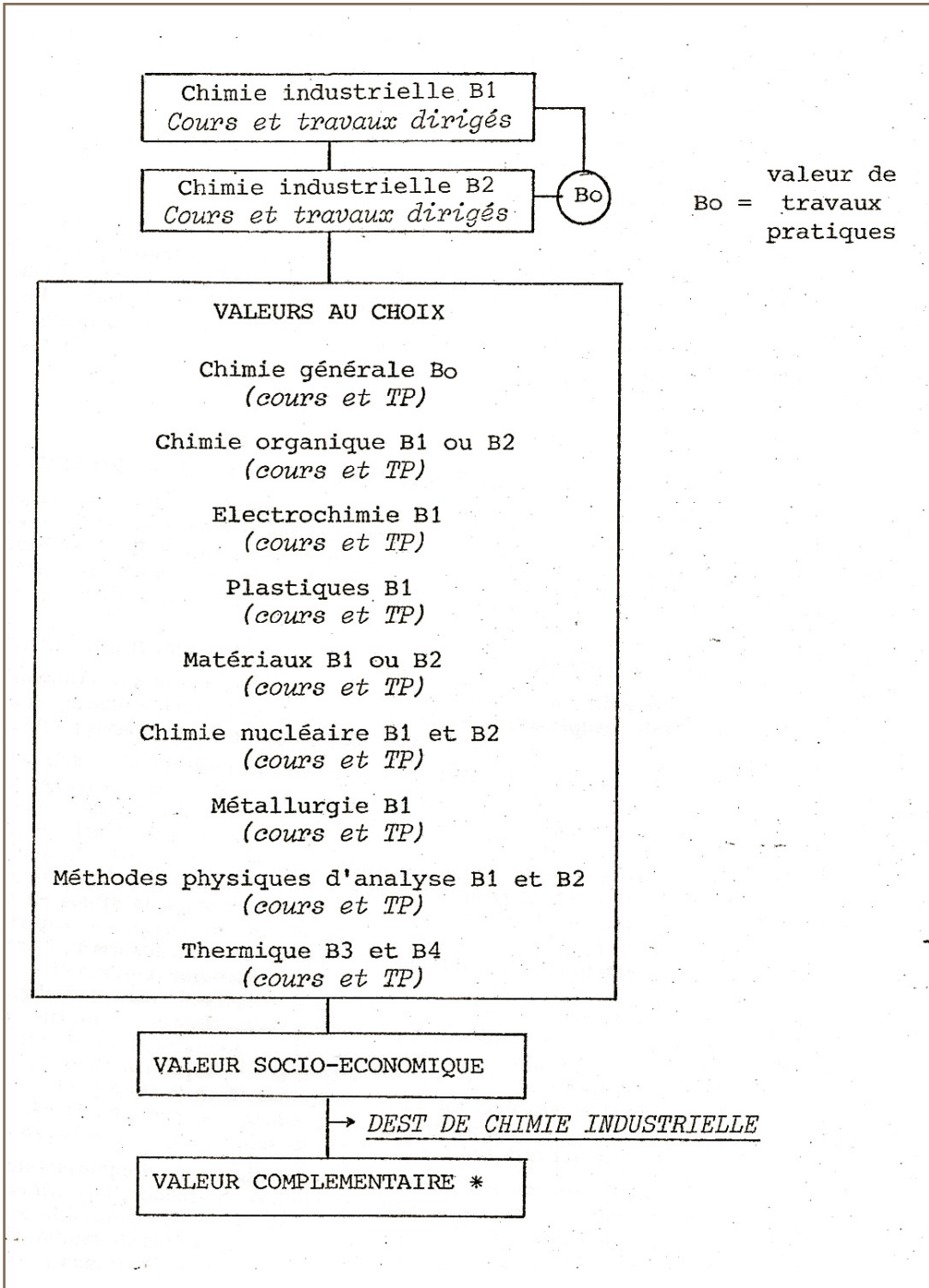
qu'il considère comme essentielles pour répondre aux demandes de l'industrie chimique : un enseignement moderne et des recherches élaborées en relation avec les entreprises.

Développer un enseignement adapté aux besoins des industries chimiques

La principale initiative d'André Étienne est de faire entrer dans son enseignement en chimie industrielle les connaissances du génie chimique de l'époque. La formation qu'il a reçue à l'ESPCI a certainement compté dans cette nouvelle orientation. Cette école d'ingénieurs donnait à ses élèves une culture scientifique et technique originale à cette époque²⁵.

Comme Étienne l'indiquera par la suite, l'enseignement de la chimie industrielle devait être « profondément modifié, et ne plus être la description des industries chimiques, séparant, notamment, les industries minérales des industries organiques ». Il devait en effet tenir compte des différents processus, classés en procédés fondamentaux ou unitaires, et les opérations fondamentales ou unitaires, c'est-à-dire « les processus

²⁵ Voir notamment la notice historique sur la création de l'École à l'initiative du « réseau Alsacien » et son développement dans l'article de Wikipédia correspondant [URL : http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_l'École_supérieure_de_physique_et_de_chimie_industrielles_de_la_ville_de_Paris].



Organisation du cours du cycle B de Chimie industrielle au Cnam (1979)

mécaniques et physiques de l'industrie chimique, indépendants de la transformation chimique elle-même ».

Dans sa leçon inaugurale, Étienne a défendu ce point de vue avec grand soin²⁶. Après avoir évoqué les réalisations de ses prédécesseurs à la chaire de chimie industrielle (Anselme Payen, Aimé Girard, Émile Fleurent, et Auguste Chagnon), il décrit l'importance de la chimie dans la civilisation, en rappelant qu'elle n'est plus une science unique, mais plusieurs sciences orientées vers diverses spécialités, avec une grande place dans l'économie. Puis il aborde la question de la formation des chimistes et des techniciens français qui ne sont pas à ses yeux assez nombreux, en particulier pour faire de la recherche. Après une comparaison avec la situation à l'étranger, il expose les causes de cette déficience française en chimistes : développement tardif, mépris pour les professions manuelles, science mineure dans l'enseignement secondaire, discrédit jeté sur la chimie notamment. Pour répondre à la réalité industrielle, on doit former un ingénieur qui est intermédiaire entre le chimiste, le mécanicien et le physicien, similaire au *chemical engineer* américain. Au passage, Étienne ne manque pas de définir le génie chimique comme une « spécialité qui s'occupe du développement et l'application des procédés de fabrication dans lesquels des changements physiques et chimiques interviennent ». À

26 « Leçon inaugurale de M. le professeur Étienne : "Chimie et Génie chimique" », 21 novembre 1955, 19 pages, tapuscrit [Archives Cnam – Fonds CDHT, Chimie industrielle, Cnam, 1955].

la fin de sa leçon inaugurale il annonce que le cours qu'il compte faire au Cnam visera à atteindre ce but.

Le cours que je me propose de faire ici doit, en effet, avoir pour but de donner des connaissances permettant de comprendre les techniques des fabrications et de montrer la manière dont les notions théoriques de la chimie générale s'appliquent à l'industrie chimique. Pour y arriver, il sera nécessaire d'insister sur les principes et sur les méthodes générales de la chimie industrielle [...] Une autre partie du cours intitulée : les principaux composés chimiques industriels aura pour but de donner des indications générales sur les procédés d'extraction et de préparation des principaux produits et sur la manière dont ils s'intègrent dans les grands ensembles de l'industrie²⁷.

Ouvert au début de l'année universitaire 1955-1956, le cours comportait trois cycles d'une année scolaire chacun. Durant la 1^{re} année du cycle, Étienne traite des opérations fondamentales. Il fait l'objet d'une publication aux éditions Riber à partir de 1958, et il devient « *l'un des premiers ouvrages français du génie chimique* », pour reprendre la formulation de son auteur. En 2^e et 3^e année du cycle, le cours traite des procédés fondamentaux de la chimie industrielle. Par ailleurs, il introduit des connaissances sur des sujets qui ne faisaient pas habituellement partie du cours de chimie générale, comme l'établissement de bilans matière et de bilans thermiques, l'étude des fonctions thermodynamiques

27 « Leçon inaugurale... », *ibid.*, pp. 8-9.

(enthalpie et enthalpie libre), ou encore les mécanismes en chimie organique. Ces connaissances viennent étoffer le cours de manière significative.

Des travaux dirigés, dispensés par les maîtres-assistants, donnent des notions de génie chimique, en particulier sur l'optimisation des procédés et des opérations par l'application du calcul analogique et digital. Des travaux pratiques viennent compléter la formation.

Le cours publié sur vingt années (1958 à 1977) a été complété par des mises au point sur les industries chimiques. Au fil des ans, la publication devient très volumineuse, comportant environ 3 500 pages publiées, réparties en une vingtaine de fascicules. De plus, une mise à jour est réalisée régulièrement²⁸. L'ouvrage connaît une large diffusion en France ainsi que dans des pays francophones. En 1965, des extraits sont publiés dans l'ouvrage collectif *Les Techniques de l'Ingénieur* (Chimie et Génie chimique).

En 1974, la réforme des études du Cnam donne lieu à la division du cours en deux parties : la première (deux années) comprend les connaissances nécessaires à l'obtention du Diplôme d'Études supérieures technologiques (DEST) ; la seconde (une année) est consacrée au génie chimique et comprend les matières

nécessaires à l'obtention de la valeur C du diplôme d'ingénieur. Une réorganisation du contenu a été alors apportée. Le Tableau présente l'ensemble des enseignements dispensés au niveau B au Cnam en 1979²⁹. Sur le plan pédagogique il se basait beaucoup sur son cours photocopié dont il extrayait des parties qu'il exposait oralement, comme en témoignent A. Delacroix³⁰.

Développer une recherche liée aux besoins des industries

Dans l'esprit d'Étienne, l'enseignement pratique et la recherche doivent se compléter. Dans sa leçon inaugurale, il a signalé qu'il y a « *une partie complémentaire de [l']enseignement dont il faudra se préoccuper : c'est l'initiation à la recherche* »³¹. Les deux volets seront bien développés simultanément. Déjà comme chercheur, il a un dossier très étoffé de pu-

²⁹ Conservatoire national des arts et métiers, Département de Chimie, Electrochimie-Biologie, Chaire de Chimie industrielle (mai 1979) : « Aperçu général, p. 1-5 ; Tableau, p. 6 ; Programmes des cours B1, B2, bibliographie relative au cycle B ; programme des Travaux pratiques Bo ; programme du cours C et bibliographie relative au cours C, programme des Travaux pratiques C, horaires de Chimie industrielle », pp. 7-15 [Archives Cnam – Chimie industrielle, Cnam].

³⁰ Selon l'avis d'A. Delacroix, il « ne semblait pas très bon pédagogue car il privilégiait une culture encyclopédique de la chimie qu'il cherchait à vérifier lors de l'oral probatoire » (Communication personnelle, octobre 2014).

³¹ Cnam, « Leçon inaugurale de M. le professeur Étienne : Chimie et Génie chimique », 21 novembre 1955 (*op. cit.*).

²⁸ Étienne A., *Cours de chimie industrielle*, en seize fascicules, reproduits par l'Association des élèves et anciens élèves du Cnam, 1962-1985 [Archives Cnam – Chimie industrielle, Cnam].

blications qui indique une connaissance approfondie des questions de recherche en plusieurs domaines de chimie organique³². À sa nomination, il désire donc développer cette orientation et initier de nouvelles thématiques. Mais il lui faut des moyens financiers et des locaux pour atteindre ce but. Or la situation n'est pas facile à son arrivée au Cnam.

En effet, en 1955, la recherche en chimie n'occupe pas une grande place au Cnam. À son arrivée, Étienne trouve un laboratoire aux dimensions très modestes, qui sert à la fois à l'accueil des travaux pratiques de la chaire, et à la réalisation d'analyses pour l'industrie.

« Mon héritage était constitué par un petit bureau avec un laboratoire de 150 m² environ, l'un des plus petits de l'établissement qui était destiné aux travaux pratiques et à la recherche, et où, avec un garçon de laboratoire, un chef de travaux exerçait son activité », écrit-il³³. Faute de place, la recherche a alors lieu temporairement au laboratoire de Chimie organique du Collège de France. Un chargé de recherches CNRS et deux techniciens font partie de cette modeste équipe.

³² Étienne A., « Liste chronologique des publications se rapportant à des recherches originales », 1957 (*op. cit.*) Cette liste couvrant la période de 1935 à 1957 comporte 119 références d'articles parus (périodiques français et étrangers).

³³ Étienne A., « Commentaires sur l'Académie des sciences et réponses aux questions posées », Annexe de la Lettre au professeur Jean Gosse, Président de l'Union amicale des professeurs du 12 février 1987.

En 1959, après le départ du Laboratoire national d'essais des locaux du Cnam, les travaux pratiques trouvent alors plus de place. Puis, en 1960, un autre laboratoire est affecté à la chimie industrielle, marquant ainsi la naissance du premier laboratoire de la chaire, disposant d'espaces adaptés. Sous l'impulsion d'Étienne, des chercheurs (CNRS, Cnam, élèves ingénieurs, stagiaires de l'industrie) peuvent alors venir réaliser des recherches en chimie organique. Elles portent d'abord sur l'oxydation et la préparation de produits phytosanitaires.

Puis Étienne développe un programme de plus en plus ample. Dans le but de répondre régulièrement à des demandes industrielles, les recherches débutent sur l'auto-oxydation de substances organiques. Elles traitent ensuite, entre autres, de l'amélioration de la préparation de l'oxyde de cumène, destiné à la fabrication du phénol et de l'acétone, puis de la préparation du peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée) et de peroxydes alcalins par différents réactifs, l'étude de produits générateurs de peroxyde d'hydrogène pour la préparation de polymères échangeurs d'ions.

La recherche est ensuite orientée vers des stabilisants de solvants chlorés industriels. De nouveaux composés sont aussi étudiés pour leurs propriétés pharmacologiques, ou pour des utilisations comme régulateurs de croissance des végétaux. Des molécules hétérocycliques sont étudiées pour leurs propriétés herbicides spécifiques.

Entre 1959 et 1971, sont déposés en France et dans plusieurs pays étrangers par le professeur Étienne, seul ou en collaboration, des brevets d'invention, dont trente-cinq ont été identifiés, sur les sujets indiqués ci-dessus. Ces dépôts émanent de grandes entreprises : L'Air liquide (11 brevets), Péchiney Saint Gobain (13 brevets), LIPHA (1 brevet) – avec lesquelles Étienne a mené ses travaux – ainsi que le Cnam (4 brevets) et le CNRS (4 brevets)³⁴. Notamment, des relations régulières avec la société L'Air liquide ont porté sur les préparations de l'eau oxygénée et de produits peroxydés. Avec Péchiney Saint-Gobain elles ont été relatives aux composés organiques chlorés. Au total, l'ensemble des travaux scientifiques d'Étienne est tout à fait conséquent³⁵.

Ces activités réalisées dans le laboratoire de Chimie industrielle ont abouti, de 1955 à 1976, à la soutenance de 30

mémoires d'ingénieurs Cnam et de 10 thèses de doctorat préparés dans le laboratoire. Aux mémoires soutenus à Paris, il faut ajouter 137 autres mémoires correspondant à des recherches réalisées dans des entreprises chimiques qui emploient des élèves-ingénieurs, ce qui porte à 167 le nombre de mémoires soutenus sous la direction d'Étienne. Pour chiffrer la participation d'André Étienne dans la délivrance de diplômes d'ingénieurs Cnam, sur un total d'environ 5 400 promus, la spécialité de Chimie industrielle en représente 440 soit 8,1 %, avec 167 à Paris et 273 en province.

À partir de la fin 1976, le professeur est amené à dispenser un enseignement analogue à celui de Paris dans une quinzaine de centres régionaux du Cnam, ce qui a impliqué de nombreux déplacements en province.

Des activités extérieures au Cnam

Étienne a été membre de plusieurs sociétés savantes au cours de sa carrière. En particulier il a fait partie du conseil d'administration de la Société chimique de France de 1951 à 1953. Parmi les distinctions reçues par Étienne au cours de sa carrière, l'une d'entre elles est à souligner. Il a en effet reçu en 1968 la Médaille d'Or de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (SEIN) «*pour ses travaux personnels dans de nombreux domaines de la chimie industrielle, sur rapport du regretté Charles Dufraisse,*

³⁴ Une liste des brevets d'invention d'André Étienne a pu être dressée par la consultation que nous avons faite sur Esp@cenet [Archives de l'INPI]. Nous avons noté que 19 ont été déposés en France, 5 en Allemagne, 5 aux USA, 5 en Grande-Bretagne et 1 en Suisse. Dans ces dépôts figurent les noms de collaborateurs d'Étienne qui ont cosigné selon les sujets traités : André Le Berre, Georges Izoret, P. Chasseing, Jean-Pierre Zunbrunn, Georges Arditti, Georges Clerc, Yves Correia, et Jean Vermont. Sauf deux exceptions, aucun de ces brevets ne figure sur les listes des publications du Laboratoire de Chimie industrielle que nous avons consultées.

³⁵ Laboratoire de Chimie industrielle, «*Liste chronologique des publications*», de 1959 à 1974. Une autre liste est dressée en octobre 1979. Cette dernière, couvrant la période 1959-1979, comporte 124 références (périodiques français et international) dont deux brevets, ainsi que sept contributions au *Traité de Chimie organique* de V. Grignard. [Archives Cnam – Chimie industrielle, Cnam].

membre de l'Institut, au nom du Comité des arts chimiques»³⁶. Dans le dossier, on trouve les points forts que le rapporteur, membre du Comité de la SEIN, a voulu mettre en avant pour la remise d'une récompense recherchée qui n'est attribuée qu'à des savants ou des industriels méritants. L'année suivante il fait une conférence devant cette société qui attire une nombreuse assistance. Intitulé «L'industrie chimique et la formation de ses ingénieurs», le texte en est publié peu après dans la revue de la SEIN.

Dans la continuité de préoccupations qu'Étienne a affichées depuis les débuts de sa carrière au Cnam, et dans le souci de faire connaître les problèmes que la chimie française doit résoudre pour tenir sa place au niveau international, l'auteur fait une description très complète des activités industrielles de la chimie, de ses besoins en hommes et des problèmes de formation liés à ces questions (Étienne, 1969).

La première partie, consacrée à «l'industrie chimique», décrit sa place dans le panorama des industries, et ses caractéristiques. L'industrie chimique française est examinée sous l'angle des aspects économiques, ses productions (tonnages, échanges commerciaux), prix des produits, tailles et groupement des entreprises chimiques, et enfin l'évolution de l'industrie chimique dans les prochaines années

(*ibid.*, pp. 3-16). La seconde partie porte sur «*la recherche et le développement (R et D) en chimie*»: moyens et rentabilité, situation en France (dépenses de R et D par secteurs d'activité, pourcentage des financements de la R et D par secteur et comparaison avec les États-Unis, pourcentage du financement public), évolution de la recherche et du développement en France (*ibid.*, pp. 16-22).

La dernière partie porte sur «la formation des ingénieurs de l'industrie chimique». Après avoir évoqué l'importance et les caractéristiques du métier d'ingénieur en général, les activités de cette profession dans l'industrie chimique comprennent une première activité qui est «*l'élaboration des produits nouveaux et l'amélioration de la préparation de produits connus par des méthodes essentiellement expérimentales au laboratoire*». Pour Étienne, celle-ci est confiée à des chimistes ou des ingénieurs chimistes, diplômés d'écoles de chimie, de Facultés des sciences, ou issus de la Promotion supérieure du Travail, et certains peuvent être titulaires de doctorats (d'État, d'université ou d'ingénieur). La seconde activité est la réalisation des unités de production: ces ingénieurs doivent alors avoir reçu «*une formation spéciale en mécanique, en physique, en physico-chimie*». Certaines écoles sont orientées vers la mise au point des procédés: elles forment les ingénieurs du génie chimique. Une présentation de cette spécialité, des multiples fonctions que peut exercer l'ingénieur du génie chimique est alors donnée par Étienne.

³⁶ Prix et médailles, 1968 [Archives de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, Paris]. Dufraisse a été élu membre du Comité des Arts chimiques de la Société d'encouragement en 1948 [Archives SEIN].

L'auteur peut décrire aisément son domaine de spécialité, en présentant alors les concepts fondamentaux des opérations fondamentales ainsi que leur classification selon des approches et des auteurs différents. Il fait aussi part des visions de la spécialité selon différents pays : dans les pays anglo-saxons, en Allemagne et en Suisse notamment (*ibid.*, pp. 22-30). Et d'ajouter, à la fin, que « *la véritable spécialisation ne pourra s'acquérir que dans les entreprises, au contact des réalités technologiques du monde industriel, soit pendant des stages de durée variable (six mois à deux ans), soit pendant une bonne partie de la carrière* ».

Plus tard, ayant fait une conférence à la Société chimique de France sur Eugène Houdry pour ses travaux sur le craquage catalytique, Étienne fait une rétrospective historique sur la technique qui avait mis en œuvre le génie des procédés dans l'entre-deux-guerres et qui avait reçu un grand développement pendant la seconde guerre mondiale aux États-Unis pour la fabrication de carburants d'avions (Étienne, 1976, pp. 18-22).

Dans ces deux manifestations différentes, Étienne ne manque pas de souligner l'apport du génie chimique qu'il n'a cessé de transmettre à des générations d'élèves du Cnam. Par ailleurs, en reconnaissance de ses travaux, Étienne a reçu les distinctions officielles suivantes : Officier d'Académie, et Chevalier de l'Ordre national du Mérite (1976).

Assurer la transmission de l'enseignement

Lorsqu'André Étienne prend sa retraite en 1980, il laisse une contribution marquée par un enseignement en génie des procédés qui s'est diffusé au sein d'un solide réseau de collaborateurs et d'anciens élèves. En 1979, le laboratoire comprend quinze personnes : quatre enseignants-chercheurs³⁷, huit chercheurs et trois techniciens, sans compter plusieurs ingénieurs stagiaires³⁸.

Dans sa leçon finale, il ne manque pas d'encourager encore les efforts en faveur de la chimie et de son enseignement³⁹. Ainsi, faisant le bilan des vingt-cinq années qu'il a consacrées à la chimie industrielle au Cnam, il revient sur la question de savoir quelles seraient les meilleures filières pour la formation des ingénieurs chimistes. Et il rappelle alors les paroles prononcées en 1969 lors de la conférence qu'il avait faite à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale :

³⁷ Aux côtés d'Étienne, les enseignants-chercheurs étaient en 1979 : Georges Longchambon, sous-directeur de laboratoire, M^{me} Danielle Bretelle-Desmazieres et Alain Delacroix, maîtres-assistants. Ce dernier deviendra sous-directeur du laboratoire, puis succédera à la chaire de Chimie industrielle en 1998 et en sera le dernier titulaire (voir son témoignage dans ce volume).

³⁸ Sur ce point, voir la contribution d'Alain Delacroix dans ce volume.

³⁹ Étienne A., 51^e leçon : Leçon terminale du 12 mai 1980 : « La chaire de chimie industrielle », tapuscrit [Archives Cnam – Chimie industrielle, Cnam].

Vouloir dispenser un enseignement adapté aux connaissances exigées d'un ingénieur dans l'industrie chimique est, à l'heure actuelle, rendu difficile par l'évolution rapide des techniques dans des voies incertaines. Aussi l'unanimité semble-t-elle se faire pour donner la primauté à l'enseignement des matières de base : mathématiques, physique, chimie ainsi qu'aux principes de la chimie industrielle, du génie chimique, de la construction des appareils et des techniques de calcul par l'informatique (calculateurs analogiques et digitaux)⁴⁰.

L'adaptation aux besoins de l'industrie reste toujours bien au cœur de ses préoccupations.

La question du recrutement du successeur d'Étienne devait être examinée par le Conseil de perfectionnement (séance du 9 octobre 1979) après avoir reçu l'avis de la Commission qui avait été mise en place en juin 1979 et qui réunissait des professeurs et des titulaires non-professeurs (33 personnes) de l'établissement. Étienne a fait un rapport sur son enseignement, et Georges Lonchambon, sous-directeur du laboratoire, comme représentant les enseignants titulaires non-professeurs, a fait le point sur la structure et les orientations en cours. Au cours des débats qui ont suivi, la commission s'est déclarée unanime pour le maintien de la chaire, puis, suite à plusieurs propositions, «*une large discussion*» a porté sur l'introduction éventuelle du sous-titre de «*génie chimique*» à l'intitulé du cours. Finalement le maintien du titre «*Chimie*

industrielle» a été adopté. Toutefois, reconnaissant qu'Étienne avait su maintenir dans son enseignement «*un juste équilibre entre la chimie et la physique, sans oublier que la chimie industrielle doit être vue par les chimistes*», la Commission a recommandé de conserver ce point de vue dans le futur⁴¹.



[Archives famille Étienne]

André Étienne

⁴⁰ Étienne A., 51^e leçon : Leçon terminale du 12 mai 1980 (*op. cit.*, p. 9).

⁴¹ Rapport de la Commission chargée d'examiner la situation de la chaire de Chimie industrielle, réunie le 6 juin 1979, présenté devant le Conseil de perfectionnement le 9 octobre 1979 [Archives Cnam – Fonds Administration générale/Chaires. Chimie industrielle – Génie des procédés 1934-1998 – 34-0-11/D 41.5/2].

Ses successeurs à la chaire seront les professeurs Bernard Lefrançois, ingénieur ESPCI, de 1980 à 1998, puis Alain Delacroix, de 1998 à 2013⁴². Le témoignage d'Alain Delacroix dans ce volume souligne les prolongements donnés à son œuvre d'enseignement au Cnam.

Par ailleurs, le message d'Étienne de faire de la recherche au Cnam est essentiel. En ce domaine, Étienne laisse une marque profonde d'initiatives réussies en matière de recherche, qui ont contribué ainsi au renom de l'institution⁴³.

Sur sa personnalité, le témoignage de G. Izoret peut être cité :

L'homme, malgré son inaptitude à composer avec ses convictions profondes, attirait la sympathie par sa simplicité et la facilité avec laquelle on pouvait l'aborder. Ses élèves et collaborateurs, malgré ses exigences notamment en matière rédactionnelle des publications ou mémoires, lui vouaient une certaine admiration tant pour sa grande connaissance de la chimie que pour l'aide qu'il n'hésitait pas à leur apporter aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan matériel, autant qu'il le pouvait⁴⁴.

⁴² Voir l'article d'Alain Delacroix dans ce numéro.

⁴³ « Aperçu des titres et travaux de Monsieur André Étienne », 1978, tapuscrit [Archives Cnam – Chimie industrielle]. Ce document fait notamment une présentation synthétique des recherches réalisées par l'auteur au cours de l'ensemble de sa carrière.

⁴⁴ Izoret G. « Étienne, André, Jules (1912-1996), professeur de Chimie industrielle (1955-1980) », tapuscrit, s. d. [Archives famille Étienne]. Izoret a été avec Étienne co-déposant de sept brevets d'invention : quatre en 1960 avec la société L'Air liquide sur les polyesters et l'eau oxygénée (déposés en France et en Allemagne) ; un en 1961, avec L'Air liquide sur l'eau

Cet avis peut être complété par celui d'A. Delacroix : « Étienne était un mandarin avec un bon côté paternaliste. Il pouvait être très agréable avec les gens qu'il respectait et très dur avec ceux en qui il n'avait pas confiance. On le surnommait « nounours » avec beaucoup d'égards et une certaine affection. »⁴⁵

Nommé professeur honoraire au Cnam, André Étienne reste proche de ses collègues. Il sera par la suite très affecté par le décès en 1993 de son épouse. Sa santé s'affaiblira progressivement et, après un sérieux problème cérébral en 1995, il décédera le 29 avril 1996 en son domicile à Paris 13^e⁴⁶.

oxygénée et deux en 1963 avec la société LIPHA, filiale pharmaceutique de L'Air liquide (produits de la série phénanthrène et de la série cinnoline).

⁴⁵ Delacroix A., Communication personnelle, 8 octobre 2014.

⁴⁶ État civil, Paris 13^e [Archives famille Étienne].

Publications d'André Étienne

Travaux de recherche de chimie organique fondamentale et appliquée

Deux listes ont été dressées : période 1935-1955 (voir note 10) ; période 1959-1974 (voir note 35). On trouve environ 250 notes et mémoires publiés par Étienne et ses collaborateurs principalement dans les *Comptes Rendus de l'Académie des sciences et le Bulletin de la Société chimique de France*.

« L'étude des besoins dans la classe ouvrière » dans *Éventail de l'histoire vivante offert à Lucien Febvre par l'amitié d'historiens, linguistes, géographes, économistes, sociologues et ethnologues*, Armand Colin, II, 1953, pp. 373-384.

Brevets d'invention, déposés en France, États-Unis, Grande-Bretagne, Allemagne, Suisse, de 1952 à 1978 (site Espacenet-INPI).

Cours de Chimie industrielle, Opérations et procédés fondamentaux de l'industrie chimique, Paris, Éd. Riber, années 1964 à 1977, 20 fascicules (environ 3 500 p.).

« L'industrie chimique et la formation de ses ingénieurs », *L'industrie nationale*, SEIN, n° 4, 1969, pp. 3-31.

Mises au point

Traité de Chimie organique, Paris, Masson, 1949, T. 17 ; 1953, T. 20 et 21 (575 p.).

Techniques de l'Ingénieur, Génie chimique, 19645, T. 5 (17 p.).

Bibliographie

Breysse, J. (2014). «Du "Chemical Engineering" au "génie des procédés" (1888-1990), Émergence en France d'une science pour l'ingénieur en chimie». *Cahiers d'histoire du Cnam*, 2/2.

Cnam (1970), *Cent cinquante ans de haut enseignement technique au Conservatoire national des arts et métiers*, Paris.

Étienne A. (1969). «L'industrie chimique et la formation de ses ingénieurs». *L'Industrie nationale*, n° 4, pp. 3-31.

Étienne A. (1976). «Aperçu des travaux de Houdry sur le craquage catalytique». *L'Actualité chimique*, mai, pp. 18-22.

Fontanon C. & Grelon A. (dir.) (1994). *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955*. Paris : INRP/Cnam.

Grelon, A. (dir.) (1986). *Les ingénieurs de la crise*, Paris : EHESS.

Grelon A. (1989). «Les universités et la formation des ingénieurs en France (1870-1914)». *Formation et Emploi*, n°27-28.

Grelon A. & Birck F. (dir.) (1998). *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX^e-XX^e siècles*, Metz : Éditions Serpenoise.

Grossetti M. & Detrez C. (1999). «Science d'ingénieurs et Sciences Pour l'Ingénieur : l'exemple du génie chimique». *Sciences de la société*. Presses universitaires du Mirail, pp. 63-85.

Institut de France (1979). *Index biographique de l'Académie des Sciences, 1666-1978*. Paris, Gauthier-Villars.

Lestel, L. (dir.) (2007). *Itinéraires de chimistes 1857-2001*. Paris : SFC-EDP Sciences.

Remerciements

M. Jean-Paul Étienne et M^{me} Claire Étienne (fils aîné et belle-fille d'André Étienne).

M^{me} Claudine Fontanon (maître de conférences, EHESS).

M. Alain Delacroix (Cnam), professeur émérite de la chaire de Chimie industrielle au Cnam.

M^{me} Lise Cloitre (Archives du Cnam).

M. Claude Romiguière, (Secrétaire général de l'Association des ingénieurs ESPCI).

M. Jacques Breysse (Club d'histoire de la chimie-SCF).

Henri Wahl (1909–2001), Directeur de l'ENSIC de Nancy (1956–1961), puis Professeur de chimie générale dans ses rapports à l'industrie au Cnam (1961–1978)

Josette Fournier

Professeur honoraire de l'université d'Angers.

Résumé

Né à Nancy lorsque son père, André Wahl, y enseignait la chimie appliquée à la teinture à la faculté des sciences, il suit les siens à Paris peu avant la guerre de 1914-1918. La chimie tinctoriale sera une affaire de famille. À la fin de ses études, Henri Wahl entre comme chef de travaux au laboratoire de son père, nommé professeur de chimie tinctoriale au Cnam en 1918. Cette première étape de sa vie est interrompue par la seconde guerre mondiale, période terrible pour la famille Wahl aux origines juives alsaciennes. À la différence de son père, Henri survivra aux événements. En effet, il est devenu pharmacien diplômé durant la guerre. Réintégré au Cnam en 1945, il est nommé professeur à Nancy deux ans plus tard. Il y dirige l'École nationale supérieure des industries chimiques (ENSIC) entre 1956 et 1961. Dans cette institution, il sera un des promoteurs du génie chimique. Il revient à Paris en 1961 pour prendre au Cnam une des chaires historiques de chimie. Nous suivrons ce spécialiste des colorants et des produits pharmaceutiques, grand enseignant du Cnam, dans son parcours entre Nancy et Paris.

Une famille tourmentée par les guerres du xx^e siècle

Second enfant d'André Wahl (1872-1944) et de Suzanne Dreyfus (1886-1939), juifs alsaciens, mariés à Bâle le 27 décembre 1906, Henri Raphaël Wahl est né à Nancy le 17 novembre 1909. André, maître de conférences de chimie appliquée à la teinture à la faculté des sciences de Nancy depuis le 1^{er} janvier 1908, vient d'être chargé du cours de chimie industrielle de Georges Arth (1853-1909), le 1^{er} novembre¹, après le décès brutal de ce dernier, survenu le 17 juillet 1909.

¹ Fournier J., « André Wahl (1872-1944) », (in Rollet, en préparation); Zvenigorodski O., « Wahl André (1872-1944) Professeur de chimie tinctoriale (1918-1940) », (in Fontanon & Grelon, 1994, tome II L-Z, pp. 667-675). Voir aussi la notice parue dans le Bulletin de la Société chimique de France (Locquin, 1946) pour la liste chronologique des publications d'A. Wahl dans différents périodiques scientifiques ainsi que les titres de quelques conférences, rapports et recensions [URL: <http://cussonot-fst-nancy.ahp-numerique.fr/cussonot2/alphabetique.php?recherche=WAHLJ>].

Henri a deux sœurs, Alice Céline (1908-1982) née à Lille et Berthe Régine (1911-2010) née aussi à Nancy. La famille s'installe à Paris un peu avant la Guerre de 1914. En congé d'inactivité pour l'université, André Wahl est devenu directeur du service des recherches de la *Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis*, poste qu'il conservera jusqu'en décembre 1940. Le 29 octobre 1918, il succède au Cnam à Auguste Rosenstiehl (1838-1916) dans la chaire de chimie tinctoriale créée par la ville de Paris, et vacante depuis le décès du titulaire. Henri a donc grandi dans un environnement familial tourné vers la recherche industrielle et l'enseignement technologique².

Un bulletin signalétique de l'armée le décrit en 1933 : cheveux châtain foncé, yeux gris, front haut, visage rond, teint mat et menton rond, plutôt petit puisqu'il ne mesure qu'un mètre soixante-deux³.

Le 21 septembre 1938, Henri épouse Erica Grünfeld à Enghien. Née le 26 décembre 1916, Erica, d'origine roumaine, était la secrétaire scientifique d'André Wahl. Outre le français, elle parle l'allemand, l'anglais et le russe. Pendant l'incorporation militaire d'Henri affecté aux Établissements Guilleminot, une fillette, Monica Suzanne, naît le 13 décembre 1939. Après le décès de la mère d'Henri et la déclaration de guerre, le jeune couple, qui résidait à Paris, vient

vivre avec André, à Enghien-les-Bains. Celui-ci souffre d'un diabète sévère depuis 1926.

Erica suivra à Drancy son beau-père arrêté chez lui le 10 mars 1944. Ils sont déportés ensemble le 27 mars à Auschwitz où André Wahl est gazé dès son arrivée⁴ le 30 mars 1944. Protégée par sa fonction d'interprète, Erica reviendra en mai 1945 (Locquin, 1946) ; un garçon, prénommé Tony, naît le 15 mars 1946. Pendant cette période terrible, Henri Wahl doit se cacher ; il réussira, lui, à échapper aux arrestations et aux déportations.

Itinéraire universitaire et professionnel de 1929 à 1956

Chef de travaux au Cnam attaché à la chaire de chimie tinctoriale d'André Wahl (1929-1945)

Bachelier en 1927, Henri échoue en 1929 au concours d'entrée à l'École polytechnique. Il fait alors des études à

⁴ Voir la notice sur Wahl écrite par Pierre Jolibois dans le volume consacré « À la mémoire de quinze savants français lauréats de l'Institut assassinés par les Allemands » (*in* Comité à la mémoire des savants français, victimes de la barbarie allemande 1940-1945, 1959, pp. 102-106) ; ainsi que son discours « Deux grands chimistes français victimes des Allemands : Raymond Berre et André Wahl », présenté devant la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (Jolibois, 1946), que l'on peut trouver sur les archives en ligne de la Société [URL : <http://clio.ish-lyon.cnrs.fr/patrons/AC000007743/AC000007743Doc845.pdf>].

² [AN F/17/26461/B.]

³ [Archives du Cnam – dossier Henri Wahl.]

la Sorbonne. Il est licencié en 1930, titulaire des certificats de physique générale (juillet 1930, mention B), de chimie générale et du certificat de calcul différentiel et intégral (octobre 1930), ce qui est plus rare chez les chimistes⁵.

André Wahl, malade, doit se faire remplacer dans son cours au trimestre octobre-décembre 1929 par Georges Martin, agrégé et directeur du service des applications à la Société des matières colorantes de Saint-Denis. Le 7 octobre 1929, un emploi de chef de travaux pratiques de la chaire de chimie tinctoriale, dont André est le titulaire, est créé au Cnam. Le 9 octobre André propose son fils au directeur. N'étant pas encore licencié, Henri assure la fonction par contrat limité à un semestre (arrêté du directeur du 13 décembre 1929). À partir de février 1930 il continue bénévolement, son père déclarant ne pas avoir trouvé de candidat pour le remplacer. L'année suivante (1930-1931) il bénéficie d'un délai d'incorporation et, désormais licencié et majeur, il peut être nommé délégué dans les fonctions de chef de travaux à titre temporaire du cours pratique de chimie tinctoriale du 1^{er} novembre 1930 au 30 juin 1931 (arrêté du directeur du 18 octobre 1930).

Le 15 octobre 1931 il est incorporé pour un an de service militaire au 22^e Bataillon d'Ouvriers d'Artillerie, 3^e C^{ie}

spéciale des chimistes. Dès le 1^{er} février 1932, il est affecté au laboratoire de Marc Tiffeneau (1873-1945)⁶ à la Faculté de médecine comme chimiste militaire, où il amorce un travail de thèse en synthèse organique sur la chloration du *p*-xylène. Promu brigadier le 14 avril 1932, il est renvoyé dans ses foyers le 7 octobre, il terminera brigadier de réserve.

Le 25 novembre 1932 il est nommé chef de travaux pratiques stagiaire au Cnam à compter du 16 novembre. Puis le 7 février 1934 il est titularisé par arrêté ministériel comme Chef de travaux à compter du 16 novembre précédent. Avec une interruption de 1940 à 1944, il conserve cette fonction jusqu'au 30 septembre 1947.

Premières recherches sur les colorants (1935)

Depuis avril 1935 et jusqu'en 1948, il est conseiller scientifique des Établissements Guilleminot pour la recherche de colorants appliquée aux industries photographiques. On lui confie l'étude de colorants sensibilisateurs et d'adjuvants nécessaires à la préparation des émulsions photographiques. Il y parvient avec le groupe des cyanines. Ses produits sont mis en fabrication dès 1935 et commercialisés sous le nom de plaques et films Infra-guil®. Ils conduisent à lancer une plaque sensible, rapide, sensible aux

⁵ Voir la notice de titres et travaux avec liste et analyse de publications jusqu'en 1960, composée par Cachia (1960), ouvrage disponible à la BIU Santé, section Pharmacie, côte I60809.

⁶ Blondel-Megrelis M., « Marc Tiffeneau (1873-1945) » (in Lestel, 2008, pp. 513-518).

rayons infrarouges (IR); utilisable pour la photographie aérienne et scientifique, elle intéresse l'armée au début de la guerre avant qu'on lui substitue des productions étrangères.

Le 29 juin 1935 il soutient sa thèse de doctorat intitulée *Recherches sur les dérivés chlorés du para-xylène* devant un jury composé de Georges Urbain, président, Jean Perrin et Pauline Ramart-Lucas, examinateurs. Le sujet annexe proposé par la faculté porte sur les cellules photoélectriques. Cette thèse imprimée est dédiée à ses parents⁷.

Lorsqu'il entreprend ses travaux de thèse, les dérivés chlorés du *p*-xylène sont encore peu connus. Les dérivés nitrés sont nouveaux. Il publie dès 1933 un article sur les dérivés chlorés dans le *Bulletin de la Société chimique* et deux notes aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* sur les dérivés nitrés du *p*-xylène dès 1934. À partir de ceux-ci, il obtient des xylidines et leurs azoïques. Il détermine les structures par voie chimique et les proportions par l'étude des diagrammes de fusion. Il étend aussi ses chlorations au *p*-chlorotoluène puis au naphthalène et au phénanthrène.

Le 24 avril 1936 il prononce une conférence à la Société de chimie industrielle sur la « Chimie des sensibilisateurs en photographie IR ». Ses

travaux sur les dérivés chlorés du *p*-xylène sont publiés dans les *Annales de chimie* (Wahl, 1936a) et une note sur la chloruration du chlorotoluène paraît aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (Wahl, 1936b). Il amorce une recherche sur de nouveaux dérivés du phénanthrène, qui sera interrompue par la guerre. En 1937, il est inscrit sur la liste d'aptitude à l'enseignement dans les facultés. Comme son père, il parle parfaitement l'allemand et l'anglais.

Mobilisé le 28 août 1939, il est affecté le 17 octobre aux Établissements Guilleminot-Boespflug et C^{ie} à Chantilly où continuent les recherches et les essais sur la photographie aérienne. Il est transféré au Bureau de recrutement de Beauvais le 1^{er} avril 1940 et démobilisé de fait le 25 juin 1940.

La famille Wahl, victime de la loi sur les Juifs (1940-1943)

Un arrêté du 15 octobre 1940 autorisait André Wahl à faire valoir ses droits à la retraite et fixait la fin de ses fonctions au 30 septembre 1941⁸. Mais la loi sur les Juifs a été promulguée le 3 octobre, et le directeur du Cnam, L. Ragey, a reçu dès le 21 octobre une instruction pour son application. Le 28 novembre, après qu'André ait quitté la salle, il expose la situation au Conseil d'administration. Il

⁷ Wahl H., thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, série A n° 1565, n° d'ordre 2431, Masson et C^{ie} éd., 1935, 82 p.

⁸ [Archives Cnam – dossiers André Wahl et Henri Wahl, et registres des Conseils d'administration et de perfectionnement 1940-1979.]

souhaite demander pour les Wahl, père et fils, le bénéfice de l'article 8 qui prévoit des dérogations, notamment pour services scientifiques. Il suscite un vœu du Conseil, adopté à l'unanimité, et André en remercia le Conseil d'administration le 15 janvier 1941 pour lui et son fils. Néanmoins un arrêté de Vichy du 18 décembre met fin à leurs fonctions respectives. Dans les rapports postérieurs à la réintégration d'Henri, l'expression retenue est qu'ils ont été «chassés» par cette loi d'exception. Dans les documents de l'un et de l'autre on trouve des brouillons d'arbre généalogique, dans le but de prouver qu'ils sont français depuis plusieurs générations. Or, après le traité de Francfort (10 mai 1871) les parents d'André, Raphaël, négociant à Colmar, né le 9 octobre 1837 à Durmenach, et Anna Hauser, née le 30 octobre 1850 à Mulhouse, n'avaient pas opté pour la France. André est donc né allemand à Colmar, en territoire annexé, le 18 décembre 1872. Ce n'est qu'en 1893, à Nancy, né «*d'un père ayant perdu la qualité de Français*», qu'il est devenu français au titre de l'article 10 du code civil, après déclaration souscrite par son père le 22 novembre 1893, à la veille de son service obligatoire dans l'armée impériale allemande⁹. Le PV de la séance du Conseil d'administration du Cnam, le 28 novembre 1940, met dans la bouche du directeur deux inexactitudes : savoir qu'André descend «*d'une famille alsacienne qui a opté pour la France en 1872*» et qu'Henri est «*inscrit sur la liste*

d'aptitude aux fonctions de maître de conférences».

Dès le 20 décembre 1940, la chaire de chimie tinctoriale est déclarée vacante au *Journal Officiel*. Le cours de chimie tinctoriale qui comptait 51 auditeurs est suspendu en janvier 1941 après seulement 18 leçons sur 40. Il n'y aura pas d'examen annuel. André se résigne mais Henri cherche une issue. Sans réponse à la demande de dérogation du Directeur, prévue par la loi, pour les Juifs qui ont rendu des services au pays, il se présente à la succession de son père avec trois autres candidats dont Georges Martin, deux fois suppléant d'André, qui n'est pas docteur. La Commission d'audition désignée par le Conseil de perfectionnement, composée de Grimpret, Jacobson, Dubrisay, Guillet, Javillier, Lafuma, Maillard et Ragey, se réunit le 28 février 1941 sous la présidence de Grimpret, vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées, en l'absence de Jacobson démissionnaire. Henri Wahl a distribué une note dactylographiée dans laquelle il déclare vouloir «*réaliser un équilibre judicieux entre la science pure et la science appliquée*», et réclame, selon la Commission :

l'extension du cours sur trois années.
[...] Au point de vue scientifique la chimie des colorants apparaît comme un chapitre cohérent et attachant de la chimie organique enseignée au cours de chimie générale ; ce point de vue permet d'expliquer la raison d'être des procédés pratiques. Dans le domaine des fibres, la synthèse joue un rôle considérable ; enfin les apprêts subissent également une évolution rapide du fait de

⁹ *Bulletin des Lois de la RF*, supplément 48, (1894), 1^{er} semestre, p. 479 – partie supplémentaire n° 2682, p. 397.

l'emploi de nouvelles fibres. Au point de vue technique, le candidat insistera sur les problèmes chimiques sans négliger l'étude nécessaire de l'appareillage. Son cours sera illustré d'expériences et accompagné de visites d'usines. [...] le professeur doit apporter une contribution personnelle à la science appliquée dont il assume l'enseignement.

Le rapporteur de la Commission, Henri Lafuma, conclut :

M. Wahl est un jeune savant de mérite mais il paraît difficile de dégager, dès à présent, sa personnalité scientifique propre à l'influence qu'a pu avoir la formation qu'il a reçue de son père [...]. La manière dont l'exposé a été présenté ne valait assurément pas le fond, le candidat paraissait manquer un peu d'assurance, mais son émotion s'explique suffisamment par les conditions particulières dans lesquelles se présente sa candidature. Aucune question n'est posée par les membres de la Commission.

Henri Wahl est classé par la commission derrière Léon Denivelle (1905-1992) bien que l'exposé de celui-ci ait été affecté par une voix qui ne porte pas beaucoup, et avant Martin. Le 3 mars au Conseil de perfectionnement le débat reprend entre Guillet, défenseur de Martin, et Dubrisay favorable à Denivelle, on prend acte du désistement de Wahl et le Conseil vote en première ligne pour Denivelle avec 18 voix sur 30 votants contre 11 à Martin et un bulletin blanc. Martin est classé en seconde ligne avec 23 voix et 2 à Wahl bien que non-candidat, et 5 bulletins blancs. L'un des membres, Métral, demande un vœu en faveur d'Henri; en voici le texte adopté à l'unanimité: «*Le conseil de Perfection-*

nement, appréciant à la fois les sentiments qui ont inspiré à M. Henri Wahl le retrait de sa candidature et la valeur de ses titres et travaux, lui exprime sa sympathie unanime et s'associe au vœu formé en sa faveur par le Conseil d'Administration du Cnam dans sa séance du 28 novembre 1940». Le 6 mars Martin retire sa candidature.

Ce n'est que le 21 mai 1943 qu'Henri Wahl entrera en possession de l'indemnité de licenciement que lui reconnaissait la loi.

Études et diplôme de pharmacien (1936-1942)

En octobre 1936, Henri Wahl avait entrepris des études en pharmacie¹⁰. Il a produit une attestation de stage du pharmacien L. P. Lacomme, d'Enghien, allant du 16 octobre 1936 au 7 octobre 1937. À la rentrée 1937, il obtient son examen de validation de stage avec la mention AB et s'inscrit en première année. En raison de ses titres, il obtient du Professeur Damiens la dispense des travaux pratiques de chimie et physique. À la rentrée suivante, en seconde année, il demande et obtient d'être dispensé des travaux pratiques de chimie analytique et de physique, mais doit souscrire à ceux de micrographie et d'histologie.

Après sa démobilisation, il tente de reprendre ses études de pharmacie; c'est ainsi que le 4 octobre 1940, il demande

¹⁰ [AN AJ/16/2097 dossier de scolarité en pharmacie.]

à être dispensé des travaux pratiques de chimie analytique de troisième année. Compte tenu des troubles de l'époque, on ne s'étonnera pas que ses notes en micrographie et parasitologie soient fort médiocres. La réponse du Professeur Fleury à sa demande renouvelée le 18 mars 1941 pour le second semestre se borne à un «oui» laconique le 27 mars. Henri Wahl n'est admis à l'examen de fin d'année le 8 juillet qu'avec la mention passable. Puis la loi du 21 juin 1941 impose aux étudiants juifs de solliciter en la justifiant l'autorisation de s'inscrire. Le 15 septembre 1941 il s'exécute : «*Ma famille est établie depuis au moins 5 générations en France ainsi qu'il ressort de l'arbre généalogique ci-joint. Elle a rendu de nombreux services à l'État; en particulier dans le domaine scientifique*». Il décline les services scientifiques, industriels et militaires et les titres de son père, auteur de plus de 150 mémoires, et les siens.

Ému par cette nouvelle menace d'interdiction, le directeur signale à la séance du Conseil d'administration du Cnam du 15 novembre 1941 la démarche d'Henri et le président souligne que «*MM. Wahl ont toujours été dans cette Maison, entourés d'une affectueuse estime: ils sont dignes de respect au point de vue scientifique et au point de vue humain*». Ensemble ils suscitent un nouveau vœu en faveur d'Henri Wahl : «*Le Conseil d'administration du Cnam croit de son devoir de rappeler que MM. André et Henri Wahl ont été au service de cette grande Maison et par conséquent de la Science française et de l'Industrie nationale des savants*

éminents. Il forme le vœu que M. Henri Wahl soit relevé par application des dispositions de l'article 8 de la loi du 2 juin 1941 des interdictions qui le frappent, afin de pouvoir reprendre la place qu'il occupait avec autant de compétence que de dévouement».

«*Étudiant israélite*», Henri Wahl obtient d'être «*maintenu pendant l'année 1941-1942*», pendant laquelle il effectue plus brillamment sa 4^e année de pharmacie, dans des matières neuves pour lui, avec un double 16 en chimie biologique et essais des médicaments, un 18 en bromatologie et 12 en microbiologie. Reçu au premier examen probatoire le 9 janvier 1942 avec la mention B, puis au second le 16 mai avec la mention AB, il obtient le dernier avec la mention AB ainsi que le grade de pharmacien, le 13 juillet 1942.

Des recherches industrielles en pharmacie

Grâce à Augustin Damiens (1886-1946), doyen de la faculté de pharmacie (1938-1946)¹¹ (Bedel, 1947; Bonnemain, 2002; Bonnemain, 2010; Poisson, 2009), Henri Wahl entre chez Comar, Clin & Byla pour des travaux de synthèse chimique en mars 1942. La pénurie d'opium incite les industriels à tenter la synthèse de certains alcaloïdes. Wahl est

¹¹ Fiche d'Augustin Damiens sur le site de la Société d'Histoire de la Pharmacie [URL : <http://www.shp-asso.org/index.php?PAGE=damien>; http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/pharm_0035-2349_1947_num_35_117_10902].

orienté vers le groupe de la papavérine. Mais la matière première, la vanilline, est trop chère. Wahl prépare une vingtaine de produits moins coûteux dont l'étude physiologique est faite à Marseille en pharmacie et médecine par le professeur Mercier. Ces travaux font, avec un retard dû au secret industriel, l'objet d'une note et d'une conférence devant la Société chimique de France. Henri réalise industriellement un succédané de l'ésérine qui se révèle inutilisable en ophtalmologie mais trouve un débouché vétérinaire sous le nom de Coprodyne. Après la guerre, il se lancera dans la synthèse de l'acide *p*-aminosalicylique (PAS) antituberculeux : mais il sera devancé par le professeur Sannié du Muséum d'Histoire naturelle et devra abandonner. Wahl restera conseiller scientifique de ces industries jusqu'en 1950.

Après l'arrestation et la déportation de son père et de son épouse à Auschwitz, il doit se cacher. À partir de mai 1944, le Consortium des produits chimiques de Bezons lui confie quelques travaux sur des cires et produits d'entretien.

La réintégration au Cnam à la fin de la guerre (1944)

À la demande du directeur du Cnam et par arrêté du 21 novembre 1944, Henri Wahl est réintégré à compter du 19 décembre 1940, en surnombre, comme chef de travaux attaché à la chaire de chimie tinctoriale de Léon Denivelle; il est promu en 1^{re} classe de son grade à compter du 1^{er} mai 1942 par arrêté

du 26 décembre 1944. Tout le mois de mars 1945, épuisé, il doit observer un repos absolu pour une grippe « *aiguë et compliquée* ». Son épouse, préservée par ses compétences d'interprète polyglotte, rentre d'Auschwitz en mai 1945. C'est elle qui témoignera de la mort d'André, gazé dès son arrivée.

De février à mai 1946 Henri Wahl est chargé d'une mission d'enquête en Allemagne pour le compte du ministère du Commerce et de l'Industrie¹².

Il reprend ses travaux de recherche avec des collaborateurs : préparation de dérivés substitués en position 2 sur des composés naphthaléniques avec Helmy Basilios qui soutient sa thèse en janvier 1947 et devient professeur à l'université Farouk 1^{er} d'Alexandrie; thèse soutenue en 1947 de John Fraehmos sur des dérivés de l'acide 2-hydroxynapht-3-oïque et colorants azoïques; thèse de Pierre Lampel sur les oxacarbocyanines soutenue en 1949.

Le 16 juillet 1947 il représente le Cnam à Londres au Congrès international de chimie pure et appliquée. La même année il devient conseiller scientifique de la Compagnie française des matières colorantes.

¹² « Rapport sur les Laboratoires allemands dans le domaine des matières colorantes. Enquête effectuée de février à avril 1946 à l'I.G. Farben-Industrie », s. d.

Successeur de Charles Courtot à la faculté des sciences de Nancy (1945)

Le 21 juin 1945, la chaire de chimie industrielle à la faculté des sciences de Nancy, précédemment occupée par Travers, est déclarée vacante¹³. Deux candidats se présentent, Henri Guérin, chargé de cours dans cette chaire, et Henri Wahl. Le rapport de Donzelot, directeur de l'École supérieure des industries chimiques de Nancy, est en faveur de Guérin qui, le 7 novembre, devance Wahl classé en seconde ligne à l'unanimité des votants par le Conseil de la faculté.

À la rentrée 1947, Wahl est chargé, pour l'année scolaire de la suppléance de Charles Courtot (1888-1955), malade, à la chaire de chimie appliquée à la teinture et à l'impression à la faculté des sciences de Nancy (arrêté du 3 décembre). Puis coup sur coup, il est nommé maître de conférences à Nancy à compter du 16 octobre précédent. La chaire de chimie appliquée étant déclarée vacante le 9 février, le 10 mars 1948 la section de chimie du Comité consultatif des universités retient à l'unanimité la candidature d'Henri Wahl en première ligne. Le 18 mars le Conseil de la faculté des sciences de Nancy, sur le rapport de Raymond Cornubert (1889-1984) qui insiste sur la contribution, en cours, de Wahl au *Traité de chimie organique* de feu Victor Grignard (1871-1935) par un chapitre sur les dérivés de l'antraquinone, et suivant l'exemple du Comité consultatif,

présente Wahl à l'unanimité des suffrages à la nomination du ministre, avec le titre de professeur titulaire de la chaire de chimie organique industrielle à la faculté des sciences de Nancy. Wahl succède à Courtot (décret du 28 juin 1948). Un arrêté ministériel du 16 février 1949 change l'intitulé de la chaire en chimie organique industrielle.

Wahl est en outre chargé d'un cours complémentaire de chimie industrielle organique à l'École supérieure des industries chimiques, du 1^{er} janvier 1948 au 30 septembre (arrêté rectoral du 20 janvier 1948), cette charge sera renouvelée annuellement.

En 1948, il est lauréat de l'Association des Chimistes de l'Industrie textile (ACIT). De 1948 à 1951, il est membre du conseil scientifique de l'ex-IG Farben.

En 1952 il contribue à la réorganisation de la chimie à l'école de filature et de tissage d'Épinal dont l'un des objectifs est l'intégration des connaissances sur les nouvelles fibres synthétiques.

Dans sa séance du 25 juin 1954, le conseil de la Société chimique de France lui attribue le prix exceptionnel Raymond Berr, chimiste, ancien directeur des Établissements Kuhlmann, mort en déportation (Berr H., 2008). Henri Wahl partage ce prix de 200 000 francs avec M.-Th. Le Bris, pour leurs études de diazoïques d'ions hétérocycliques aromatiques : benzothiazolium, benzoxazolium, nouveaux colorants de type formazane¹⁴.

¹³ [Archives départementales de Meurthe et Moselle – W 1018 96.]

¹⁴ *Bull. Soc. Chim. Fr.* (1954), pp. 587-595 et 1199.

En 1955 Henri Wahl présente sa candidature à la chaire de chimie industrielle du Cnam déclarée vacante le 10 février, à la succession d'Auguste Chagnon. L'intitulé de la chaire porte en sous-titre «*méthodes générales, synthèses et catalyses, applications*». La commission s'est réunie le 23 mars, présidée par René Dubrisay, professeur honoraire; son rapporteur est Henri Lafuma. Le Conseil de perfectionnement s'est prononcé le 4 mai. La discussion est d'abord favorable à André Étienne, sous-directeur du laboratoire de chimie organique au Collège de France¹⁵. Mais Albert-Roger Métral dit que, venu «*en élève*», le seul exposé qui lui a appris quelque chose est celui de Wahl. Denivelle indique que si les travaux d'Étienne sont nombreux, ceux de Wahl sont tous originaux. Le rapporteur écrit que, certes, Étienne n'a pas eu l'occasion de faire ses preuves en matière d'enseignement public oral mais il est le candidat qui présente le plus de promesses. À chacun des trois tours de scrutin, Wahl devance Étienne, à la majorité relative. Au troisième tour il obtient 24 voix devant Étienne qui recueille 18 voix. Wahl est proposé en première ligne. Cependant, au Conseil d'administration, après une discussion au cours de laquelle six intervenants extérieurs dont Louis de Broglie, font tous des éloges d'Étienne qui semblent concertés, contre Louis Ragey et Métral qui soutiennent timidement Wahl, les ré-

¹⁵ Sur le professorat d'André Étienne, on se reportera à sa biographie par Gérard Emptoz dans ce volume.

sultats vont être inversés : Étienne obtient la majorité absolue dès le premier tour avec 10 voix devant Wahl qui n'en recueille que 8. L'Institut devait entériner ce classement favorable à Étienne, en particulier grâce au soutien de Charles Dufraisse, son ancien directeur de thèse et directeur de son laboratoire.

Le 29 février 1956, à la demande de Wahl, le Conseil de la faculté des sciences de Nancy se prononce en faveur de sa candidature à la direction de l'École Nationale Supérieure des Industries chimiques de Nancy (ENSIC). Le 1^{er} avril 1956 Wahl est nommé directeur de l'École. Il succède à Maurice Letort (1907-1972), devenu président du centre de recherches des charbonnages de France.

Directeur de l'ENSIC et promoteur du Génie chimique à Nancy (1956-1961)

Les ENSI ont été créées par un décret du 16 janvier 1947. Letort obtient la reconnaissance de l'École de Nancy (ESIC) comme ENSI par un décret du 27 mars 1948. Aussitôt, l'enseignement du génie chimique devient une priorité des Nancéiens¹⁶.

¹⁶ Detrez C., «L'évolution de l'École nationale supérieure de chimie de Nancy vers le génie chimique», (in Grelon et Birck, 2007, pp. 237-249); Rollet L., «L'ENSIC et ses partenaires industriels : le prisme de la Fondation scientifique des Industries chimiques (1920-1960)», (in Rollet et Choffel-Mailfert, 2007, pp. 232-280); Labrude, 1994.

M. Grossetti et Cl. Detrez¹⁷ signalent qu'on :

ne trouve aucune trace de la notion de génie chimique dans Chimie et Industrie jusqu'au numéro d'août 1951, dans lequel figure un article important d'Edgar L. Piret, Professeur à l'Université du Minnesota et « Visiting professor » à l'École nationale Supérieure des Industries Chimiques (ENSIC) et à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris. L'article, intitulé « Qu'est-ce que le génie chimique ? », est précédé d'une courte préface de Maurice Letort, directeur de l'ENSIC qui indique que « Le professeur Edgar L. Piret, [...] a passé, durant l'hiver 1950-1951, plusieurs mois à l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques [...] pour aider au développement de la nouvelle discipline d'inspiration américaine qu'on dénomme le "Génie Chimique". » (p. 189). Dans une section consacrée à l'importance et à la tendance actuelle du génie chimique, Piret montre l'importance de la discipline aux États-Unis en termes d'effectifs d'enseignants et d'étudiants et aborde la situation dans les autres pays et en particulier en France : « cette branche du génie s'est développée surtout aux États-Unis [...]. En Angleterre et récemment en Belgique, certains efforts ont été entrepris pour développer des programmes similaires. En France, les efforts ont été jusqu'à présent presque uniquement ceux de M. Cathala, pionnier français dans ce domaine, dont la persévérance a réussi à créer une première installation à Toulouse. [...] l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de Nancy s'est intéressée au domaine du

Génie Chimique, et elle amorce maintenant un développement beaucoup plus considérable qui, s'il est vigoureusement poursuivi et soutenu, sera une contribution importante et essentielle à l'avenir économique de la France ». Au moment de la publication de cet article il y a donc en France un centre constitué (Toulouse) et un centre émergent (Nancy), tous deux en province.

Maurice Letort, directeur de l'ENSIC, profitant d'un congrès international en septembre 1948, avait passé plusieurs semaines aux États-Unis pour visiter les principaux départements de *Chemical engineering*, dont celui du MIT. Il y est retourné en 1951 et en 1953 avant de se tourner vers l'Europe avec Londres en 1953, en se rendant à Birmingham, Delft, Zürich, notamment. Un de ses collaborateurs, P. Le Goff ira pour sa part passer trois mois aux États-Unis et au Canada durant l'hiver 1955-56 afin de développer ensuite à Nancy l'enseignement de génie chimique initié par R. Gibert. À la suite des voyages de Letort aux USA, plusieurs enseignants américains viendront faire des cours à l'ENSIC de Nancy mais aussi dans d'autres écoles.

La première chaire de génie chimique est créée à Nancy en 1955. Le nouveau directeur, Henri Wahl adhère au projet de ses devanciers. Le 27 mars 1956 *Le Figaro* reprend des propos du directeur général des Filtres Philippe qui déplore le manque d'ingénieurs du génie chimique en France. Il s'attire une réponse vive de Wahl, qui manifeste une extrême sensibilité autour des questions

¹⁷ Grossetti et Detrez, 2000 ; sur la création d'un enseignement du génie chimique en France on se reportera au chapitre rédigé par Jacques Breysse dans ce volume.

qui touchent au génie chimique et à la prévalence de Nancy. Le 4 décembre 1957, celui-ci donne une conférence devant la Société de chimie industrielle intitulée *L'enseignement du Génie chimique à Nancy*. En 1959, il bataille pour bloquer les prétentions de l'Institut de Génie chimique de Toulouse à recruter ses candidats dans le même vivier que les ENSI. Cet institut n'est, dit-il, qu'une école de spécialisation, une école de supertekniciens, pas une école généraliste¹⁸.

Le président de l'Association des anciens élèves de l'ESIC, Brulfer, administrateur de la Société des produits chimiques de Clamecy (futur Progil), avait eu l'idée d'une fondation scientifique des industries chimiques qui comptait déjà le 22 juin 1943, 31 membres et 22 sociétés, et dont l'objectif était de faire financer par l'industrie des bourses d'élèves, des voyages d'études, la rénovation et la construction de locaux, et des prix donnant une importance institutionnelle à l'École. Pendant la direction d'Henri Wahl à Nancy, cette fondation soutient tous ses projets.

Malgré sa charge administrative, dès son arrivée à Nancy, Henri Wahl n'a pas renoncé à son activité de recherche

sur les colorants et les fibres synthétiques. Il encadre le diplôme d'ingénieur du Cnam de M^{me} de la Perrière Ceillier en 1951 et il engage la direction de thèses (Y. Arnoult 1951, M. Simon, René Lance 1952, M.-Th. Le Bris, F. Pierrot, H. Gault, M^{lles} Schoenleber et Alexandre). En septembre 1955, il présente, avec M. Cachia, dans une communication au 31^e congrès international de chimie industrielle de Liège, des études aux RX « Sur les dérivés substitués du térylène »; le 27 avril 1956 il donne une conférence devant la section de Louvain de la Société chimique de Belgique, sur « Les composés pseudoformazyliques » (Wahl, 1956). Ces produits forment des complexes métalliques, s'oxydent réversiblement en produits incolores et conduisent à des disazoïques. L'objectif de ces recherches, avec M.-T. Le Bris, F. Pierrot et H. Gault, est de mettre au point des colorants pour les nouvelles fibres synthétiques hydrophobes (térylène, nylon, rhovyl). Certains dérivés halogénés de polymères de téréphtalate et oxyde d'éthylène montrent une bonne adhérence sur verre et sont brevetés comme colles par le CNRS. En 1961, Wahl publie un article sur l'étude spectroscopique UV-visible de « Nouveaux colorants azoïques dérivés des composés à méthyle actif » (Wahl, 1961).

En 1958 la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (comité des Arts chimiques) décerne à Henri Wahl une Médaille d'Or¹⁹ sur rapport de Charles Dufraisse.

¹⁸ Grossetti et Detrez (*ibid.*) rappellent que « L'interaction entre Nancéiens et toulousains se transformera un moment en conflit sur la nature du génie chimique, nouvelle forme d'application de la chimie pour les premiers, nouvelle discipline pour les seconds, avant que la seconde conception l'emporte à l'issue d'une "guerre des mots" acharnée ».

¹⁹ *L'industrie nationale*, 1958, n° 3.

La même année il publie aux PUF un *Précis des matières colorantes synthétiques*, en 2 volumes : I Matières premières et produits intermédiaires, II Matières colorantes. Ce Précis donne un prolongement à l'ouvrage de son père, *L'industrie des matières colorantes*, publié chez Doin, en 1912.

En 1960, Henri Wahl contribue à la création de la Section Est de la Société de Chimie industrielle qui s'étend sur Mulhouse, Nancy et Strasbourg, Écoles et facultés ; il est l'un des vice-présidents du Comité directeur provisoire.

Exposée dans un livret distribué en 1961, la formation qu'il revendique pour Nancy repose sur un enseignement de haut niveau en chimie physique, dans la tradition originelle d'Haller, Arth, Guntz, Muller et Travers, à laquelle est associée une formation humaine, économique, administrative, sociale et financière. Il se félicite qu'entre 1947 et 1960, aient été préparées à l'ENSIC 40 thèses d'État et 5 thèses d'université, que soient sortis de l'ENSIC 40 ingénieurs docteurs. 66 docteurs de l'ENSIC sont dans l'industrie et 19 dans l'enseignement dont 13 sont déjà maîtres de conférences ou professeurs. Il annonce 64 thèses en préparation. Il attend de nouveaux laboratoires et de nouvelles chaires, l'École affiche 8 services de TP et 16 services de recherche. Elle a modernisé ses structures de fonctionnement en se dotant de statuts et de conseils d'administration et de perfectionnement.

Le 26 avril 1961, Henri Wahl donne un article à *L'Est Républicain* dans un numéro spécial, intitulé *L'enseignement du Génie chimique à Nancy*, illustré de photographies dont celle du hall de génie chimique. L'École offre une trentaine de places au concours : on est passé de 490 candidats en 1957 à 1672 en 1960.

Un projet de reconstruction de l'École avait été initié par Letort avec l'appui ministériel d'un autre ancien directeur, Donzelot. La première tranche aboutit en 1959 sous la direction de Wahl avec la construction du bâtiment Deglin. Mais le projet est interrompu en 1961 quand aurait dû démarrer la construction d'une seconde annexe. Cet arrêt correspondait à un changement de la politique universitaire qui visait désormais à promouvoir des campus à l'américaine et qui devait déboucher à Nancy sur le déplacement de la faculté des sciences à Vandœuvre. Wahl, qui trouve opportunément un point de chute au Cnam, démissionne. Il pose sa candidature le 20 mars 1961 à la succession de Paul Mondain-Monval, décédé le 26 décembre 1960. Après de vives discussions au Conseil d'université de Nancy (10 janvier 1962), c'est Jack Bastick (1921-2012) qui le remplacera à la direction de l'ENSIC de 1962 à 1974²⁰.

Wahl a exposé sa conception de l'enseignement du génie chimique et de

²⁰ « Petit historique d'une grande École (L'ENSIC en quelques dates) », sur le site Web de l'ENSIC [URL : <http://web00.inpl-nancy.fr/wwwensic/ensic/index.php?id=15&MP=3-80>].

la formation d'ingénieur dans «Les Journées chimiques de Nancy, 26-27 février 1960» (Wahl, 1960a)²¹, ainsi que dans «La formation des ingénieurs chimistes» (Wahl, 1960b), conférence prononcée le 25 septembre 1959 au 32^e congrès de l'ACIT à Paris, dans laquelle il examine la nécessaire révision continue des programmes et des méthodes pédagogiques et la diversité des fonctions confiées aux ingénieurs chimistes. Mais on trouve l'expression la plus complète de ses vues, du programme et des méthodes didactiques qu'il recommande dans «L'enseignement du génie chimique en France» (Wahl, 1962), conférence prononcée le 4 décembre 1957 devant la Société de chimie industrielle. Il y insiste sur le rôle de la formation en mathématique et en chimie physique, sur la nécessité de ne pas spécialiser trop tôt les élèves et de les entraîner aux études bibliographiques et documentaires (archives, livres, formulaires), à la discussion et à la critique, de leur proposer des visites d'usines et des stages industriels, la fréquentation des chambres de commerce, la connaissance des milieux industriels et des personnels ouvriers; ils doivent être formés au fonctionnement en continu, au contrôle automatique, aux enregistrements, à la production en grand; il souhaite des enseignants qui travaillent en équipes et des étudiants qui se mélangent à ceux de la faculté. L'ingénieur de génie chimique

²¹ Article publié dans *Chimie et industrie*, avec les conférences de Coussemant, Piret, Piganiol et Lefort, qui inaugurent la nouvelle section Est de la Société de chimie industrielle.

doit être «*l'agent de liaison entre la recherche et la construction d'usines*». Wahl adopte la définition suivante du génie chimique :

[...] l'art de l'ingénieur consacré à la mise au point et à l'application des procédés de fabrication impliquant des changements chimiques ou certaines transformations physiques de la matière. On peut généralement ramener ces procédés à des séries coordonnées d'opérations physiques élémentaires et de procédés chimiques fondamentaux. Le travail de l'ingénieur du Génie chimique consiste à étudier, à construire et à faire fonctionner l'appareillage et les usines comportant l'application de ces opérations fondamentales et de ces procédés. La chimie, la physique et les mathématiques constituent les sciences de base de l'art de l'ingénieur appliqué à l'appareillage chimique. La science économique est son guide dans la pratique.

Lui qui avait préparé sans succès le concours de l'École Polytechnique (1929) défend le recrutement de Nancy dans les «taupes» «*qui livrent des élèves rompus aux méthodes du calcul algébrique, différentiel et intégral*».

En reconnaissance de leurs contributions, le 7 juin 2013, l'ENSIC a inauguré une salle Wahl dédiée à André et Henri²².

²² Lettre de l'association amicale des anciens élèves de l'ENSIC, n° 24, juillet 2013 [URL: http://www.ensic-alumni.fr/tl_files/ensic/fichiers/lettre_24.pdf]; billet de la page officielle de l'ENSIC sur Facebook à propos de l'inauguration de la salle Wahl du 7 juin 2013 [URL: https://fr-fr.facebook.com/permalink.php?story_fbid=562988940407103&id=194321317273869].

Professeur de chimie générale au Cnam (1961-1978)

Nomination sur l'une des plus anciennes chaires du Cnam

Après le décès de Paul Mondain-Monval, les Conseils de perfectionnement et d'administration du Cnam décident de maintenir la chaire de chimie générale, respectivement le 9 et le 27 janvier 1961. La vacance est déclarée au J. O. du 21 février. La Commission du Conseil de perfectionnement se réunit le 11 avril. Le rapporteur est André Étienne. Les candidats doivent exposer en un quart d'heure l'enseignement qu'ils proposent. Plusieurs concurrents de Wahl ne sont pas allés jusqu'au bout de la procédure de candidature, le dernier, Raymond Berthet, se retire avant le vote qui intervient au Conseil de perfectionnement le 17 avril. André Étienne résume l'activité de Wahl à Nancy : « *Outre l'enseignement de la chimie organique industrielle dont il s'occupa particulièrement, le professeur Wahl comme directeur de l'École nationale supérieure des industries chimiques s'attacha à développer l'enseignement du génie chimique amorcé par ses prédécesseurs et participa à l'élaboration du projet puis à la reconstruction de l'École d'Ingénieurs* ». Denivelle, ancien « patron » de Wahl, ne prend pas part au vote. Henri Wahl obtient 43 voix sur 45 suffrages exprimés (dont 2 abstentions). Le 10 mai le

choix est entériné par le Conseil d'administration par 15 voix unanimes. Le 3 juillet sa candidature obtient 38 suffrages (un seul blanc) au premier tour de scrutin à l'Académie des sciences.

Par décret du 24 août 1961 Henri Wahl est transféré de Nancy au Cnam à compter du 1^{er} octobre avec le titre de professeur titulaire de la chaire de chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. Wahl est le 7^e titulaire de cette chaire créée en 1819 pour Nicolas Clément, intitulée alors « Chimie appliquée aux arts », puis occupée par Péligré, Jungfleisch, Job, Dubrisay et Paul Mondain-Monval. Il la conservera de la rentrée 1961 à son départ en retraite, en 1978.

Le programme qu'a exposé Henri Wahl devant la Commission du Conseil de perfectionnement est très classique : atomistique, thermodynamique chimique et cinétique en première année, chimie minérale fondée sur le tableau périodique et moins descriptive que ce qui est en usage, et chimie organique organisée par fonctions, en seconde année. Il propose surtout de passer de 2 à 3 ans avec une 3^e année de spécialisation, pour les auditeurs qui se destinent à un emploi dans la chimie, au cours de laquelle seraient abordés les mécanismes réactionnels, les évolutions dans le tableau périodique et les complexes organométalliques. Il insiste sur l'importance des travaux pratiques : « *La chimie s'apprend au laboratoire* », dit-il. Son programme, en 2 ans plus un, sera adopté à l'unanimité le 9 avril 1962.

Sa notice de travaux datée de 1960 fait état de 33 contributions aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, de 33 publications dans des congrès de chimie industrielle, aux *Annales de chimie*, dans la *Revue générale des matières colorantes* et dont 20 sont parues dans le *Bulletin de la Société chimique de France*, de 26 conférences et mises au point imprimées, de 4 brevets et une addition, de 7 ouvrages, rapports ou chapitres d'ouvrages dont les chapitres «Anthraquinones» et «L'industrie des matières colorantes» dans le *Traité de chimie organique* de Grignard²³, deux articles «Matières colorantes» pour les *Techniques de l'ingénieur* (1954) et pour l'*Encyclopédie française* (1958)²⁴. Il a dirigé 11 thèses ou DES soutenus et 6 sont en cours.

Des interventions de Wahl dans les évolutions et le rayonnement du Cnam

Wahl prononce sa leçon inaugurale, intitulée «L'évolution de l'enseignement de la chimie depuis le début du siècle» le 18 novembre 1961 (Wahl, 1962b). Dès sa prise de fonction, il formule des propositions importantes pour son nouvel établissement.

• Les centres associés

Le 8 octobre 1962 il propose de réunir les professeurs de chimie des centres associés pour leur exposer son programme et harmoniser les examens, l'exemple sera suivi en physique par Fleury; le 7 janvier 1963 Wahl rend compte de cette réunion préparée par un questionnaire qui a été renseigné par vingt-quatre centres sur 28. Les demandes de création de centres associés explosent. Le 15 octobre 1963 Wahl revient d'une réunion avec les professeurs du centre associé de Mulhouse; au Conseil de perfectionnement il expose avoir «*rapporté de son voyage une impression d'ensemble excellente*». En 1964, il préside les jurys d'Angers, Melun, Paris Ouest (Puteaux) et Rennes. Le 7 juillet 1964 il dit que le centre de Rennes «*n'est pas assez largement ouvert sur la profession et les travaux pratiques de chimie sont insuffisants*». En outre, dans certains centres il y a des cours dont l'auditoire ne dépasse pas 2 ou 3 élèves: «*est-ce rentable ?*».

²³ Grignard, 1935, T. XVII, pp. 1135-1218 et T. XXII, pp. 305-473.

²⁴ *Encyclopédie française*, 1958, T. 12, 12.40.14 à 12.40.16 et 12.42.1 à 12.42.7

- *L'enseignement télévisé*

La question d'un enseignement télévisé est posée par le ministère: il concernerait des cours préparatoires de physique, chimie et mathématiques. Le 7 janvier 1963 Wahl accepte aussitôt de tenter l'expérience. Le 5 mai, il obtient que le Conseil de perfectionnement puisse assister à une projection de télévision en couleurs. Six cours télévisés sont prévus pour l'année 1964-1965 dont celui de chimie générale en 2^e année. Ce cours du Cnam compte 43 leçons, il a 1 623 inscrits dont 1 000 environ présents.

- *Les innovations dans les enseignements dispensés*

Il entend « sacrifier » délibérément la chimie descriptive au profit des lois de la chimie. Le 6 mai 1963, il intervient sur la création d'un cours de « méthodes physiques instrumentales d'identification et de dosage des espèces chimiques »; il est le rapporteur de la commission réunie le 18 juin pour dresser un projet de programme et d'organisation des travaux pratiques qui est adopté le 1^{er} juillet.

Le 18 mars 1969, le conseil de perfectionnement examine la candidature de Maurice Daumas à un cours d'histoire moderne et contemporaine. Daumas est Conservateur du Musée depuis 1959 et directeur du Centre d'histoire des techniques dont il a suscité la création depuis 1960. Wahl est l'un des 32 partisans de cette innovation.

- *La formation en mathématiques*

Le 7 mai 1963 il intervient au Conseil de perfectionnement pour souligner l'insuffisance de la formation mathématique des auditeurs et il suscite un projet d'enseignement préparatoire de mathématiques pour le cours de chimie générale. Le 12 mars 1968 il s'inquiète du maintien de ce cours d'initiation. Le 8 juillet 1970, le Conseil de perfectionnement est saisi d'un projet d'introduction d'enseignement de la théorie des groupes ponctuels dans le programme de mathématiques pour la chimie.

- *Les liens avec les universités et la recherche*

Le 5 mars 1962 le Conseil de perfectionnement désigne Wahl dans une commission pour étudier la question d'une équivalence entre le Cnam et le MPC en première année de faculté. Le 29 mars 1963 il s'est rendu à Marseille avec Guérin et Bernard pour examiner l'aide que le centre associé d'Aix-en-Provence peut recevoir de la faculté des sciences de Marseille sans faire concurrence au centre de promotion supérieure du travail de cette faculté.

De 1963 à 1971, six thèses d'État et une thèse de troisième cycle ont été préparées sous sa direction dont deux à Nancy. Dès 1963 son laboratoire héberge un chromatographe en phase vapeur qui appartient au Laboratoire national d'essais. C'est une technique depuis peu disponible qu'il a utilisée pour la séparation des pseudo-formazanes.

De 1963 à 1967 il est membre désigné du Conseil national de la recherche scientifique. Au printemps 1966 il est élu au Conseil de l'Enseignement supérieur et de la recherche (32^e collègue). Puis, par arrêté du 12 février 1971 il est nommé au Comité national de la recherche scientifique dans la section XVI (chimie organique). Il en restera membre jusqu'en 1975.

De 1974 à 1977 il est membre du Conseil de la Société chimique de France.

- *Les congrès internationaux*

Polyglotte, il se rend volontiers à l'étranger pour assister à des congrès internationaux, pour des voyages d'études ou pour répondre à l'invitation d'associations de chimistes coloristes.

- *Les publications de cours*

En 1965, Wahl publie un *Aide-mémoire de chimie générale et des Problèmes de chimie générale* aux éditions Riber. Au début de l'année 1968, Masson édite sa *Chimie générale appliquée* dans une Collection du Cnam. Cet ouvrage compte une centaine de pages sur l'atmosphérique, 200 sur la thermodynamique et une quarantaine sur la cinétique. Si l'objectif est de donner à voir le bon niveau scientifique des cours du Cnam, c'est une réussite, mais le qualificatif de chimie *appliquée* qui figure dans le titre ne semble guère justifié. Cet ouvrage ne diffère pas de ceux d'autres auteurs (Pannetier et Souchay), qui, à cette époque, accompagnent les étudiants des

facultés des sciences. En 1972, Wahl publie des *Éléments de chimie minérale* chez Masson.

- *Le titre d'ingénieur*

De 1965 à son départ en retraite il est membre de la Commission du Titre d'ingénieur. Le 5 juillet 1966, il intervient longuement au Conseil de perfectionnement sur la formation d'ingénieurs au nom du département de chimie. Il déplore que l'enseignement magistral en chimie, du Cnam, ne corresponde qu'à 25 % de ce qui est donné dans une École et il estime qu'on accorde trop de dérogations à des techniciens.

- *L'industrie chimique*

Henri Wahl a apporté son concours à la recherche industrielle dans les domaines des produits intermédiaires, des matières colorantes, des produits pharmaceutiques, des produits photographiques et des matières plastiques.

Il devient membre du Comité des Arts chimiques de la Société d'encouragement à l'industrie nationale (SEIN) en 1975. En 1978 il est le rapporteur «*pour l'attribution d'une Médaille de Vermeil à M^{lle} Louise Halm*»²⁵. Cette ancienne élève et monitrice du Cnam avait été sa condisciple. Le 13 juin 1978, le directeur, Jean Debieesse, annonce au Conseil de perfectionnement du Cnam la nomination de Wahl à la présidence de la section des

²⁵ *L'industrie nationale*, n° 4, 1978, pp. 68-69.

arts chimiques de la SEIN. Le 25 octobre 1979 il est élu l'un des cinq vice-présidents de la Société²⁶.

De 1965 à 1968 il est président de l'Association des chimistes de l'industrie textile (ACIT), puis, de 1968 à 1971, il préside la Fédération internationale des associations de chimistes du textile et de la couleur (FIACITC), il en sera encore vice-président de 1971 à 1974. Ces fonctions l'amènent à faire de nombreux déplacements en Europe. Depuis Nancy, il avait exprimé ses idées sur l'évolution des colorants dans plusieurs conférences : conférence du 20 juin 1957 à la SEIN (Wahl, 1958) et conférence du 25 septembre 1959 au 32^e congrès de l'ACIT à Paris portant sur la révision des programmes, de nouvelles méthodes pédagogiques et la formation permanente. Les fibres artificielles et synthétiques, explique-t-il, posent des problèmes nouveaux pour le blanchiment, l'impression et les apprêts ; ce sont surtout des fibres hydrophobes qui nécessitent l'invention de nouveaux colorants, mordants, machines à impression, procédés d'infroissabilité et de souplesse ou de glaçage, etc. En 1961 il fait état de 4 brevets d'invention. En 1963 il présente une conférence devant l'ACIT, intitulée « Passé, Présent, Avenir des colorants métallisables » (Wahl, 1963). La même année il publie « Formazanes et pseudo-formazanes »²⁷.

26 [Archives de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, assemblée générale du 25 octobre 1979.]

27 Wahl H. (s. d.) « Formazanes et pseudo-formazanes », *Scuola in Azioni, publications de l'ENI Mattei*.

• La création des IUT

Le 10 janvier 1967, le Conseil de Perfectionnement examine les conséquences de la création des IUT, sur le recrutement des auditeurs du Cnam. En 1969, Wahl est nommé membre de la Commission nationale pédagogique de chimie des IUT qu'il préside ensuite de 1970 à 1976. Il a livré avec conviction son expérience de formateur dans l'enseignement technologique supérieur et ses idées, notamment sur les besoins couverts par les IUT, les structures, moyens et méthodes qui y sont mis en œuvre, dans « The Reform of Technicological Education in France » (Wahl, 1968) et dans un « Exposé au Colloque Ahuntsic de Montréal sur les IUT », le 28 novembre 1969. La demande de formation, dit-il, est mondiale, due au développement rapide de l'industrie, à l'émergence de nouvelles disciplines et à la complexité croissante de la technologie, aggravés par l'arrivée sur le marché du travail de la génération du baby-boom d'après guerre, l'allongement du temps scolaire et l'accès d'un nombre croissant d'étudiants à des études universitaires (avec 47 % d'échec dans les facultés de sciences). Cet enseignement nouveau s'adresse à ceux qui rejettent les études essentiellement théoriques et abstraites de l'Université et des Grandes écoles, à ceux qui se destinent à un emploi immédiat à l'issue des études, collaborateurs de l'ingénieur et du chercheur, des gestionnaires et administratifs ; des connaissances technologiques générales doivent leur permettre une adaptation rapide à des travaux spécialisés variés. Wahl décrit cette formation nouvelle organisée en

départements de 100 à 150 élèves par année, sur deux ans, lourde de plus de 1 000 heures de travail répartis par moitié entre cours et travaux pratiques. Il entre dans le détail de l'origine des enseignants mêlés, venus du secondaire, de l'université et de la profession, des programmes, de la place des travaux pratiques, de celle de la formation générale (langue étrangère, techniques d'expression, documentation, économie, mathématique), du stage, du contrôle continu associé à des examens semestriels. Il évoque la mise en place de passerelles d'accès à la poursuite d'études.

- *Le fonctionnement et de nouveaux statuts dans l'établissement*

Wahl se montre très sensible à la qualité pédagogique des personnels enseignants et au respect de statuts régulièrement adoptés. Le 5 mai 1964, il est désigné pour faire partie de la commission d'examen des candidats à la chaire de biologie dans ses rapports avec l'agriculture et l'industrie qui se réunira le 19. Selon lui, seuls 2 candidats sur 9 ont intéressé la commission, les autres ont été «*confidentiels*». Il interviendra dans le même sens au Conseil d'administration du 25 octobre 1976 en faveur du candidat «*le plus apte à parler un langage susceptible d'intéresser et de vraiment instruire le public Cnam*».

Le 27 juin 1967 le Conseil de perfectionnement examine un projet de règlement d'admission au Cnam. Wahl

veut qu'on recommande aux élèves de consulter le service d'orientation. Arrive mai 1968: Wahl insiste au Conseil de perfectionnement pour qu'on ne prenne pas de décisions à chaud. Le 28 mai il insiste pour que les décisions fassent l'objet de votes. Le 14 juin, le Cnam procède à l'élection de représentants des personnels non-professeurs au Conseil de perfectionnement. De même, des représentants du «comité de liaison» des élèves ont demandé à être entendus, ainsi que le président de l'Association des élèves et anciens élèves. Le 10 février 1970, le Conseil de perfectionnement se préoccupe d'organiser l'orientation des élèves et propose une permanence pendant un mois et demi, tous les après-midi et samedi de 9 h à 17 h assurée par un représentant de chaque département: Wahl, que ceux qui l'ont connu décrivent comme un professeur froid, peu enclin au «maternage» des étudiants, pense que ce système consomme beaucoup de temps; les élèves, dit-il, peuvent se rendre eux-mêmes dans les départements, mais il doit s'incliner devant l'avis contraire. Le 10 mars, le Conseil de perfectionnement examine le projet d'une commission sur le contrôle des connaissances. Wahl dit que l'enseignement du Cnam ne peut être suivi que par des élèves qui ont un certain volume de savoirs. Il souhaite que l'agrément sur les candidatures soit prononcé par un jury et non par un seul professeur.

De 1973 à 1978 il préside l'Union amicale des professeurs du Cnam, et de 1976 à 1979 il est membre du Conseil d'administration de l'établissement.

• *Fin de carrière et succession*
(1978-1979)

Par arrêté ministériel du 28 mars 1973 Henri Wahl est promu en classe exceptionnelle (1^{er} échelon) à compter du 1^{er} octobre 1972, puis il accède au 2^e échelon de la classe à compter du 1^{er} octobre 1974. Un arrêté du ministre des universités, daté du 20 février 1978, l'admet à faire valoir ses droits à une pension de retraite à compter du 2 janvier et le maintient en fonction jusqu'au 30 septembre. Il fait son dernier cours le 30 mars 1978.

Le 9 mai 1978 le Conseil de perfectionnement a entendu 7 candidats à la chaire de chimie générale et il a décidé de laisser la chaire vacante conformément à la proposition de sa Commission; le rapporteur, Étienne, n'a repéré aucun candidat dont le profil s'accorde à la définition de la chaire. Le 26 juin le Conseil d'administration adopte la même conclusion.

Le 10 octobre 1978 Wahl est désormais en retraite. Guetté présente l'état de la question. Le 27 septembre 1978 le Conseil de département a demandé une nouvelle publication rapide de la vacance, ce qui est fait. Ce n'est que le 3 avril 1979 que le Conseil de perfectionnement, après avoir entendu le rapport de sa commission sur la chaire de chimie générale et auditionné huit candidats, présentera Bernard Valeur en première ligne, à la succession d'Henri Wahl.

Henri Wahl est décédé à Paris le 18 octobre 2001²⁸.

• *Distinctions*

En novembre 1946 Henri Wahl est Officier d'Académie, en 1951 Officier de l'Instruction publique, en avril 1957 il est fait Chevalier de la Légion d'honneur; le 12 décembre 1969, un décret le promeut Officier de l'Ordre national du Mérite et, le 25 octobre 1976, le président annonce au Conseil d'administration la promotion d'Henri Wahl au grade de Commandeur de l'Ordre des Palmes académiques.

28 [État civil – Archives municipales de Nancy, 2 Mi 954.]

Conclusion

Henri Wahl avait 9 ans quand son père prend ses fonctions au Cnam en 1918. Entré dans le corps enseignant du Cnam en 1929, il y sera resté 50 ans avec deux éclipses, l'une pendant l'Occupation, de 1941 à 1944, l'autre de 1947 à 1961, période pendant laquelle il a exercé des fonctions de professeur et de directeur de l'ENSIC dans sa ville natale de Nancy. C'est dans cette dernière fonction qu'il a contribué à une définition et au développement de l'enseignement de génie chimique en France. Son nom est associé à la création des IUT et à la multiplication des centres associés au Cnam. Henri Wahl laisse l'image d'un professeur attaché à l'enseignement technologique supérieur et celle d'un chercheur qui s'efforce constamment d'unir et d'enrichir l'une par l'autre la recherche industrielle et la recherche universitaire.

Bibliographie

Bedel C. (1947). *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, 35, n° 117, pp. 117-121.

Berr H. (2008). *Journal*. Paris: éd. Tallandier.

Bonnemain B. (2002). «L'industrie pharmaceutique pendant la deuxième guerre mondiale en France Enjeux et évolution». *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, L, n° 336, pp. 629-646.

Bonnemain B. (2010). «Le Journal de Pharmacie et de Chimie et les deux guerres mondiales». *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, LVIII, n° 368, pp. 467-482.

Cachia, P. (1960). *Titres et travaux scientifiques de M. Henri Wahl*. Nancy: Oudart et Clément relieurs.

Comité à la mémoire des savants français, victimes de la barbarie allemande 1940-1945 (1959). *À la mémoire de quinze savants français lauréats de l'Institut assassinés par les Allemands 1940-1945*. Paris: Concours du CNRS et de l'ARS.

Fontanon C. & Grelon A. (dir.) (1994). *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers, Dictionnaire biographique 1794-1955*. Paris: INRP/Cnam (Collection histoire biographique de l'enseignement, 2 volumes).

Grelon A. & Birck F. (dir.) (2007). *Des ingénieurs pour la Lorraine XIX^e-XX^e siècles*. Nancy: Presses universitaires de Nancy.

Grignard V. (1935). *Traité de chimie organique*. Paris: Masson.

Grossetti M. & Detrez C. (2000). «Science d'ingénieurs et Science pour l'ingénieur: l'exemple du génie chimique». *Sciences de la Société*, 49, pp. 63-85.

Jolibois P. (1946). «Deux grands chimistes français victimes des Allemands, Raymond Berre [sic] et André Wahl». *Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères*, 1^{er} janvier, 3172, p. 14.

Labrude P. (1994). «Contribution des pharmaciens à la création (1887-1892) et à l'enseignement de l'Institut Chimique de Nancy. L'influence des systèmes étrangers d'éducation sur cette création». *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, 82, n° 302, pp. 287-302.

Lestel L. (coord.) (2008). *Itinéraires de chimistes 1857-2007*. Paris : EDPSciences-SFC.

Locquin R. (1946). *Notice sur la vie et l'œuvre de André Wahl*. *Bull. Soc. Chim. Fr.*, «Mémoires», 13, pp. 441-458.

Poisson J. (2009). «Quelques épisodes de la vie de la Faculté de pharmacie de Paris (1939-1944)». *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, LVII, n° 364, pp. 451-460.

Rollet L. (dir.). *Dictionnaire biographique des professeurs de la faculté des sciences de Nancy*. En préparation.

Rollet L. et Choffel-Mailfert M.-J. (dir.) (2007). *Aux origines d'un pôle scientifique : faculté des sciences et écoles d'ingénieurs à Nancy du Second Empire aux années 1960*. Nancy : Presses universitaires de Nancy.

Wahl H. (1936a). «Dérivés chlorés du p. xylène». *Annales de chimie*, p. 5.

Wahl H. (1936b). «Chloruration du chlorotoluène». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, T. 202, p. 2161.

Wahl H. et al. (1956). «Les composés pseudoformazyliques». *Belgische chemische Industrie*, T. XXII, n° 2, pp. 165-175.

Wahl H. (1958). «Matières et procédés nouveaux de l'industrie tinctoriale». *L'industrie nationale*, janvier-mars, pp. 11-17.

Wahl, H. (1960a). «Les Journées chimiques de Nancy, 26-27 février 1960». *Chimie et industrie*, 1960, vol. 84, pp. 26-45.

Wahl H. (1960b). «La formation des ingénieurs chimistes». *Teintex, Revue générale des matières colorantes*, 15 mars 1960, n° 3.

Wahl H. et al. (1961). «Nouveaux colorants azoïques dérivés des composés à méthyle actif». *Chimia*, 15, pp. 126-133.

Wahl H. (1962a). «L'enseignement du génie chimique en France», *Chimie et Industrie*, numéro spécial.

Wahl H. (1962b). «L'évolution de l'enseignement de la chimie depuis le début du siècle». *Nucleus*, juin-juillet.

Wahl H. (1963). «Passé, Présent, Avenir des colorants métallisables». *Teintex, Revue générale des matières colorantes*, n° avril.

Wahl H. (1968). «The Reform of Technological Education in France». *Education in Chemistry*, mars, n° 2, p. 5.

Remerciements

L'auteur remercie chaleureusement les archivistes professionnels et bénévoles qui l'ont accompagnée dans cette étude, spécialement Lise Cloitre, archiviste du Cnam, et Philippe Galanopoulos, Conservateur de la BIUSanté pharmacie.

L'évolution de la chaire de chimie industrielle de 1935 à 2012

Alain Delacroix

Professeur honoraire du Cnam, chaire de Chimie industrielle – Génie des procédés.

Catherine Porte

Professeur des universités émérite au Cnam, en Génie des procédés.

L'abbé Grégoire ne voulait pas introduire la chimie dans le nouveau Conservatoire des Arts et Métiers: «*Les Arts et Métiers s'apprennent dans les ateliers et ce n'est pas dans ce Conservatoire qu'on enseignera par exemple à faire des bas et du ruban, ce n'est pas là non plus où s'enseignera la partie chimique des Arts mais la partie mécanique...*» (cité in Place, 1981). Malgré l'insistance de Nicolas Clément Desormes¹ pour y professer la chimie, le directeur de l'époque, Molard, indiquait: «*En examinant cette proposition sous le double point de vue d'augmenter le nombre d'écoles de chimie à Paris et du but qu'on s'est proposé d'atteindre en établissant le Conservatoire des Arts et Métiers on jugera finalement que la création d'une chaire de Chimie n'est pas nécessaire, du moins quand à présent ni au complément de cet établissement, ni au progrès de la science*» (ibid.).

Les ministres changent et, en 1819, une note de celui de l'intérieur signifiait une augmentation des crédits du Conservatoire pour la création de l'école de haute industrie. Il y était indiqué d'attribuer 5000 F pour chaque professeur de mécanique, de chimie et d'économie industrielle. Le préparateur de chimie avait 2000 F.

Le premier titulaire de la chaire de Chimie appliquée aux Arts a été Nicolas Clément Desormes. Il eut un tel succès que sa chaire est dédoublée en 1839. Eugène Péligot², préparateur de Clément, lui succède et Anselme Payen³ est nommé à la chaire de «Chimie appliquée à l'industrie». Payen était industriel et déjà professeur à l'École Centrale. Il est connu pour avoir découvert, avec Persoz, la diastase qui est le premier enzyme, et la cellulose.

¹ Thépot A., «Clément Nicolas, dit Clément Désormes (1778-1841). Professeur de chimie industrielle (1919-1836)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 337-339).

² Roth E., «Péligot, Eugène Melchior (1811-1890), Professeur de Chimie appliquée aux arts (1841-1889)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 372-381).

³ Vigreux P., «Payen, Anselme (1795-1871). Professeur de Chimie appliquée à l'industrie (1839-1871)» (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 357-371).

En 1871, après le décès d'Anselme Payen, c'est Aimé Girard qui va lui succéder⁴. Brillant chercheur, en particulier en chimie agricole, journaliste scientifique passionné de photographie et excellent pédagogue, il aura jusqu'à 600 élèves par soirée. Au décès d'Aimé Girard, c'est Émile Fleurent⁵ qui est nommé professeur titulaire de la chaire de « Chimie Industrielle ».

La chaire d'Émile Fleurent est supprimée en 1935 en raison de la crise économique, puis rétablie en 1943 sous le nom de « Chimie industrielle appliquée aux matières organiques ». Auguste Chagnon, nommé le 1^{er} mai 1943, est un ingénieur centralien qui a fait majoritairement sa carrière dans la Compagnie des glaces et produits chimiques de Saint Gobain, puis comme ingénieur conseil, entre 1930 et 1940, à la Société Européenne des pétroles et aux fabriques de produits chimiques de Thann et Mulhouse. Le 1^{er} octobre 1924, il est nommé professeur à l'École Centrale sur un cours d'applications industrielles de la chimie minérale. On a peu de traces de son cours au Conservatoire. Seul un résumé sommaire, étalé sur trois ans, indique un cours divisé en quatre parties :

- Les méthodes et appareillages pour la préparation des matières premières et leurs transformations.

4 Vigreux P., « Girard, Aimé (1830-1898). Professeur de Chimie industrielle (1871-1897) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 555-566).

5 Emptoz, G., « Fleurent, Émile (1865-1938). Professeur de Chimie industrielle (1898-1934) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 504-509).

- La grande industrie vue à partir des matières organiques naturelles et à partir des matériaux de synthèse.
- Les substances explosives.
- La petite industrie chimique.

L'œuvre scientifique d'Auguste Chagnon⁶ est discrète et il n'a pas fait vivre au Cnam un laboratoire de recherche. Seul Georges Arditti, son chef de travaux, a fait fonctionner un laboratoire de travaux pratiques. Les manipulations concernaient de nombreux dosages (indice d'iode, dosage des groupements méthoxy par la méthode de Zeisel, etc.) et des méthodes d'analyses de produits pétroliers (mesure de la viscosité, distillation des essences et gazoles etc.) Ces travaux pratiques avaient lieu sous l'amphithéâtre C et avaient succédé au laboratoire d'électricité industrielle.

Auguste Chagnon a eu de très nombreuses activités dans les organismes officiels et dans le domaine militaire. Il avait obtenu, en particulier, une concession du gouvernement colombien de 50000 hectares de terrains pétrolifères pour la Société Européenne de pétrole. Ayant fait valoir ses droits à la retraite le 14 septembre 1955, Auguste Chagnon est maintenu jusqu'au 31 octobre 1955 et nommé professeur honoraire.

La vacance de la chaire est publiée le 10 juin 1955 et son nouvel intitulé est

6 Izoret G., « Chagnon, Auguste (1885-1874). Professeur de Chimie industrielle (1943-1955) » (in Fontanon & Grelon, 1994, pp. 308-314).

«Chimie industrielle (méthodes générales, synthèses et catalyses, applications)». C'est André Étienne qui est nommé en 1955⁷. Le nouveau titulaire est ingénieur chimiste de l'École municipale de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris et ingénieur de l'École de chauffage industriel. Après avoir intégré le 155^e régiment d'artillerie de forteresse, d'où il sort avec le grade de sous-lieutenant, il intègre en 1933 le laboratoire de chimie organique de Charles Dufraisse au Collège de France. En 1935, il entre au service des poudres comme ingénieur chimiste et y reste jusqu'en 1943, année à laquelle il retourne au Collège avec le titre de sous-directeur de chimie organique. Il y soutient sa thèse en 1945 intitulée «Azanthracines - α . Recherches en relation avec la photochimie».

Le projet d'enseignement d'André Étienne est divisé en deux parties dont la matière est répartie sur trois ans. Il est conçu pour donner aux élèves un aperçu de la chimie industrielle.

La première partie se rapporte aux généralités, telles que les caractères spéciaux de la chimie industrielle, les opérations fondamentales et les procédés chimiques fondamentaux, la mesure, le contrôle et la régulation dans l'industrie chimique, l'organisation générale de l'entreprise, les aspects économiques. La seconde partie est formée par l'étude des principaux composés chimiques industriels. Dans le choix qui a été fait et dans l'im-

portance relative qui a été donnée aux diverses matières, il a été tenu compte des considérations suivantes: ne fournir que les renseignements les plus indispensables au Conservatoire, donner une certaine importance aux industries qui sont en expansion dans le monde (par exemple: carbochimie, pétrochimie, synthèse à partir des hydrocarbures,...) et aux moyennes et petites industries implantées dans la région parisienne (par exemple: sucreries, parfums, produits pharmaceutiques, vernis, cuir, matières plastiques, caoutchouc). Le programme des travaux pratiques a été établi en tenant compte de l'obligation de faire exécuter des manipulations simples et peu onéreuses; une part importante a été réservée à l'analyse et au contrôle⁸.

Sa leçon inaugurale a lieu le lundi 21 novembre 1955 dans l'amphi C, et est présidée par Charles Dufraisse. Elle s'intitule «Chimie et génie chimique». Ce titre introduit la naissance d'une nouvelle science en France à cette époque; science qui se développera pour devenir plus tard le génie des procédés. Il annonce aussi la schizophrénie de la chaire qui apparaîtra plus tard lorsque le génie des procédés s'éloignera de la chimie.

Au moment où André Étienne arrive au Cnam, la chaire ne comporte qu'un laboratoire de travaux pratiques situé sous l'amphithéâtre C animé par Georges Arditti chef de travaux. Ces TP évolueront ensuite vers le génie chimique avec des installations de plus grandes tailles, situées dans un nouveau laboratoire, au premier étage dans le cloître Saint Martin.

⁷ Voir l'article de Gérard Emptoz dans ce même numéro. Fondée sur l'examen d'archives variées, cette étude fournit de plus amples informations sur la vie et la carrière d'Étienne.

⁸ [Archives Cnam – Cours d'André Étienne.]

Outre le laboratoire de TP, André Étienne a développé un important laboratoire de recherche situé dans l'ancien laboratoire de TP auquel il a ajouté l'ancien laboratoire de chimie générale situé au rez-de-chaussée du cloître.

Au départ d'André Étienne en 1981, la chaire comporte trois enseignants en dehors du titulaire de chaire: Georges Lonchambon, sous-directeur du laboratoire; Danièle Bretelle-Demazières et Alain Delacroix, maîtres assistants; ainsi que des chercheurs: André Le Berre, maître de recherches, deux chercheurs CNRS, Bernard Desmazières et Robert Garreau, cinq techniciens Pierre Girardeau, Philippe Médan, Jacques Petit, Catherine Porte et Jacques Roques, et trois adjoints techniques, Simone Astier, Christiane Gasc et Jocelyn Moutoucarpin. Le bilan de la recherche est de plus de trois cents publications et de très nombreux mémoires d'ingénieurs.

En 1981, l'enseignement était structuré en deux cycles B et C, comportant des unités de valeurs.

Cycle B:

- B1 Chimie industrielle minérale (cours + TD 100h)
- B2 Chimie industrielle organique (cours + TD 100h)
- B0 TP de chimie industrielle, 20 manipulations (TP 100h)

Cycle C:

- C1 Génie chimique (cours + TP 120h)
- C2 Plans d'expériences (60h)

La chaire animait 16 centres associés dans toute la France qui produisaient de nombreux ingénieurs. Par ailleurs la chaire organisait des stages de formation continue. André Étienne a publié son cours à partir de 1958 chez Riber, il comporte 3500 pages.

Dans sa leçon terminale le 12 mai 1980, André Étienne y transmet son credo en ces termes: «*L'importance du mémoire d'ingénieur*» et «*le véritable rôle du professeur est d'apprendre à apprendre à des hommes qui deviendront de véritables autodidactes, capables de transmettre à d'autres le fruit de leur activité par la communication verbale et écrite.*»

La succession d'André Étienne est étudiée par la commission chargée d'examiner la situation de la chaire le 6 juin 1979. On y discute longuement sur le fait d'introduire le vocable «génie chimique».

Sa conclusion est la suivante: «*Compte tenu du fait que le génie chimique correspond à une spécialisation réservée en général à des ingénieurs, la commission propose que la chaire conserve le titre de Chimie industrielle sans sous-titre*». Mais, le 13 novembre 1979, le conseil de perfectionnement demande la publication de la chaire en mentionnant le génie chimique: «*Le futur titulaire de la chaire devra s'engager à préparer les candidats ingénieurs à la compréhension et à l'utilisation du génie chimique, en illustrant son enseignement par la description des procédés unitaires*». Le 22 avril 1980, parmi les deux candidats retenus, le conseil de



Le laboratoire de recherche, sous l'Amphi C, années 1970

Au premier rang à gauche, André Étienne; au deuxième rang derrière lui à sa droite, Alain Delacroix.



Le laboratoire dans les locaux 46 B, années 1980

Adossé à la paillasse, à gauche, Bernard Lefrançois;
dans le fond, devant le placard, Alain Delacroix, porteur d'une cravate.

perfectionnement présente Bernard Lefrançois en premier rang⁹.

Bernard Lefrançois¹⁰ est diplômé, comme André Étienne, de l'École supérieure de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris. D'abord ingénieur aux houillères Nord Pas de Calais en 1955, il devient délégué général en 1963 de l'Association pour la fabrication d'eau lourde par le procédé ammoniac hydrogène. En 1964 il est chef du projet de construction de l'usine puis chef d'exploitation en 1967. Il soutient sa thèse sur la «Contribution à la mise au point d'un nouveau procédé de production d'eau lourde». En 1971 il est chef des services techniques de pointe et en 1979, chef des centres de recherche de l'Oise.

Indépendamment de sa carrière industrielle, Bernard Lefrançois a enseigné le génie chimique à l'École nationale supérieure de Chimie de Lille et à l'École supérieure de Physique et de Chimie industrielles de la ville de Paris. Il est par ailleurs colonel de réserve.

Tout en gardant les acquis d'André Étienne, B. Lefrançois va apporter les nouveautés suivantes :

- l'application de la thermodynamique au calcul des constantes physiques ;
- des notions plus pointues en génie chimique ;
- la régulation ;
- l'évaluation économique des procédés ;
- la prévention du risque chimique ;
- les réacteurs gaz-liquide.

Son cours sera édité en trois volumes chez Lavoisier.

En recherche, il a accompagné le développement de l'équipe axée sur l'automatisation et l'optimisation des procédés chimiques ; il a favorisé le lien avec le Cerchar¹¹ et a initié les recherches sur les réacteurs gaz-liquide. L'équipe a hébergé de nombreux doctorants issus pour la plupart de l'Université Pierre et Marie Curie en relation avec le professeur Jacques Amouroux.

Bernard Lefrançois a fait valoir ses droits à la retraite le 1^{er} mars 1998. Les locaux ont évolué avec un nouveau laboratoire de travaux pratiques situés au 2 rue Conté tout en conservant les anciens laboratoires de recherche.

À son départ, outre le titulaire, on trouve dans la chaire : un professeur des universités, Alain Delacroix ; deux maîtres de conférences, Danielle Bretelle-Desmazières et Catherine Porte ; trois ingé-

⁹ Jusqu'à cette période historique, une présentation des enseignements de la chimie au Cnam peut être trouvée ici dans l'introduction de Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau dans ce même numéro.

¹⁰ Bernard Lefrançois, né en 1931, est ingénieur diplômé de l'ESPCI, 70^e promotion (1951) (*Annuaire des anciens élèves de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris*). Voir la brève notice sur le site de l'équipe pédagogique Génie des procédés et ingénierie pharmaceutique [URL : <http://gpcp-caser.cnam.fr/co/histoire.html>].

¹¹ Créé le 1^{er} juillet 1947, le CERCHAR (Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France) est un grand établissement central de recherches. En 1990, il sera incorporé dans l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS).

nieurs : Pierre Giraudeau, Jacques Roques, Jacques Petit; deux adjoints techniques, Jacques Monery et Jocelyn Moutoucarpin et une secrétaire, Elizabeth Delahaye. L'enseignement comporte les unités de valeur suivantes :

- B0 travaux pratiques 120h
- B1 chimie industrielle minérale – calcul des constantes 120h
- B2 chimie industrielle organique – génie des procédés 120h
- C1 génie des procédés 120h
- C2 optimisation – évaluation économique des procédés 60h
- B3 automatisation – optimisation des procédés 60h
- B4 prévention du risque chimique 60h.

Le 1^{er} mars 1996, la commission chargée d'examiner la situation de la chaire, présidée par Jean-Paul Guetté professeur titulaire de la chaire de « Chimie organique en vue des applications », conclut à la reconduction sous le nom de « Chimie industrielle – Génie des procédés ». Le 10 avril 1997, la chaire PRCM0146 est publiée au Journal officiel: *« Le futur titulaire devra posséder une solide culture scientifique et technique dans le domaine de la chimie industrielle (produits et procédés). La maîtrise du génie des procédés lui aura permis de participer à plusieurs réalisations industrielles de haut niveau. Il devra posséder une bonne expérience de l'enseignement supérieur dans le domaine concerné. Il animera l'équipe de recherche de chimie industrielle et assurera la coordination pédagogique dans les centres régionaux du Cnam ».*

La commission des titres et travaux retient cinq candidats et au conseil de perfectionnement du 12 novembre 1997, Alain Delacroix est classé 1^{er}. Après les votes au conseil d'administration et à l'académie, il sera nommé par décret le 2 septembre 1998.

Alain Delacroix¹² a fait ses études à l'université Pierre et Marie Curie et il a préparé sa thèse dans le laboratoire du professeur Étienne. Intitulée « L'addition des sels d'amines tertiaires aux composés éthyléniques électrophiles », touchant à la fois la chimie organique, les mécanismes réactionnels et la cinétique chimique, elle est soutenue au Conservatoire en 1974. Ses recherches évolueront ensuite vers l'optimisation et l'automatisation des procédés et le génie chimique, et il dirigera l'équipe de recherche correspondante. Étant déjà présent dans la chaire d'Étienne et celle de Lefrançois, il a participé à ses diverses évolutions. À la fin des années quatre-vingt-dix, la direction de la pharmacotechnie est confiée au professeur Delacroix.

En 2001, il est élu président de la Commission des Études du Cnam (2001-2005), puis nommé directeur national des formations en 2003 (jusqu'en 2009) et en 2007 directeur national du réseau du Cnam. Catherine Porte reprend alors en partie la direction des activités de la chaire.

¹² Sur Alain Delacroix, né en 1944, voir la courte notice sur le site [URL : <http://gpcp-caser.cnam.fr/co/histoire.html>].

Dans les années 2000, le Conservatoire adopte la réforme LMD, ce qui a pour conséquences :

- la création des licences générales, en vue du Master et des licences professionnelles ;
- la création des UE unités d'enseignement ;
- l'utilisation des crédits européens ;
- la mise en place du supplément au diplôme.

La loi de modernisation sociale de 2002 implique pour le Conservatoire :

- le développement de la validation des acquis de l'expérience (VAE) ;
- la prise en compte de la création du répertoire national des certifications professionnelles (RNCP) ;
- la fin des diplômes d'établissement homologués « d'office » du Cnam (DPCT, DEST,...) ;

En même temps se développe la formation ouverte à distance (FOD), qui bouleverse la façon d'enseigner et la relation avec les centres régionaux.

La chaire comporte alors sept enseignants : outre le titulaire de chaire, Catherine Porte, professeur des universités ; Renée de Challemaison, PAST ; Marie Debacq-Lapassat, Jean-Louis Havet, Serge Stainmesse et Stéphane Vitu, maîtres de conférences ; deux ingénieurs de recherche Lovasoa Rabsiaka et Vincent Caqueret ; un technicien Clément Haustant ; un adjoint technique Jocelyn Moutoucarpin et une secrétaire Manuela Corazza.

Au départ d'Alain Delacroix, le 1^{er} septembre 2012, les locaux d'enseignement et de recherche sont rue Conté et dans l'ancien laboratoire sous l'amphi C (Abbé Grégoire). L'offre de formation de la chaire est alors la suivante :

2 unités d'enseignement niveaux Bac à Bac + 2 et une unité transverse ETR101

2 licences professionnelles :

- Génie des procédés et production
- Développement et production pharmaceutique

1 licence de chimie

parcours génie des procédés

2 titres RNCP de niveau II, responsable en ingénierie d'étude et de production et DIE

1 certificat de compétence traitement des eaux

1 Master Ingénierie Chimique (co-habilitation avec Paris VI)

1 diplôme d'ingénieurs avec deux parcours :

- Procédés chimiques
- Procédés pharmaceutiques

L'ensemble comporte 28 unités d'enseignement en général de 6 crédits européens. Le professeur Delacroix est nommé professeur émérite du 1^{er} septembre 2012 jusqu'au 1^{er} septembre 2014.

Avec les réformes initiées par l'Administrateur général Christian Forestier, les chaires ont disparu en tant que services (décret du 19 novembre 2009 concernant le statut du Cnam).

Plus récemment, enseignement et recherche sont administrativement dis-

joint. Les activités pédagogiques sont sous la responsabilité du directeur de département, à l'heure actuelle Marie Debacq-Lapassat directrice du département Caser, et les activités de recherche sous la responsabilité du directeur du laboratoire de recherche, en l'occurrence Jean-Louis Havet, directeur du CMGPCE, le laboratoire de Chimie moléculaire, génie des procédés chimiques et énergétiques (EA 7341, résultat de la fusion entre l'EA 21 et l'ERL 3193, Conception et évaluation de nouveaux agents de contrastes vectorisés pour l'IRM).

En 2012, l'histoire de la chaire de Chimie industrielle s'arrête après 170 années d'existence. Elle aura formé des centaines d'ingénieurs et perfectionné de très nombreux techniciens. Espérons que les nouvelles structures soient aussi efficaces et perdurent aussi longtemps.

À l'heure des bilans : organisation de la chimie industrielle au CNAM, de 1955 à 2012

Bilan d'André ÉTIENNE, 1955-1981

• *Chaire: Chimie industrielle (méthodes, synthèses et catalyses, applications)*

1 laboratoire de travaux pratiques (2^e étage de la Bibliothèque)

2 laboratoires de recherche

3 enseignants :

- André Étienne, professeur titulaire de la chaire
- Georges Longchambon, sous-directeur de laboratoire
- Danièle Bretelle et Alain Delacroix, maîtres assistants

1 maître de recherches CNRS:

- André Le Berre

2 chercheurs CNRS, 5 techniciens

3 adjoints techniques

Bilan de Bernard LEFRANÇOIS, 1981-1998

• *Chaire: Chimie industrielle*

1 nouveau laboratoire de travaux pratiques

2 laboratoires de recherche

4 enseignants :

- Bernard Lefrançois, professeur titulaire de la chaire
- Alain Delacroix, professeur des universités
- Danielle Bretelle et Catherine Porte, maîtres de conférences

3 ingénieurs

2 adjoints techniques, 1 secrétaire

Bilan d'Alain DELACROIX, 1998-2012

• *Chaire: Chimie industrielle - Génie des procédés*

7 enseignants :

- Alain Delacroix, professeur titulaire de la chaire
- Catherine Porte, professeur des universités
- Renée de Challemaison, PAST
- Marie Debacq-Lapassat, Jean-Louis Havet, Stéphane Vitu et Serge Stainmesse, maîtres de conférences

2 ingénieurs de recherche

1 technicien, 1 adjoint technique

Bibliographie

Fontanon, C. & Grelon, A. (dir.), *Les Professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955*. Paris : INRP/Cnam (Collection Histoire biographique de l'enseignement, 2 volumes).

de Place, D. (1981), *L'incitation au progrès technique et industriel en France de 1783 à 1819 d'après les archives du Conservatoire des Arts et Métiers*, mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de l'École des Hautes Études en sciences sociales.



| Varia

Le Cnam : terrain de recherches énergétiques

Mathieu Fernandez
HT2S, EA 3716, Cnam.

Linnéa Rollenhagen Tilly
AUSser, UMR 3329.

Résumé

Cet article présente quelques résultats d'une étude concernant les consommations énergétiques des bâtiments du Cnam aux XIX^e et XX^e siècles. D'une part le résumé d'une étude historique présente l'évolution des bâtiments et les discussions concernant l'énergie au sein de cette institution. D'autre part, l'application d'une méthodologie élaborée dans le cadre plus général du travail « Des profondeurs des caves à la canopée, histoire et prospectives des politiques énergétiques d'une capitale économe : 1770-2030 » (projet Ignis Mutat Res), a pour but d'évaluer l'évolution des consommations énergétiques dans un bâtiment public sur plus de deux siècles.

Aborder la question de l'énergie à travers l'histoire contemporaine

Une étude diachronique de l'ensemble bâti occupé par le Conservatoire National des Arts et Métiers (Cnam) nous a permis d'aborder les questions du chauffage et de l'éclairage dans un bâtiment public sur la longue durée. Cette longue durée va ici de 1829 à 1949 où le chauffage et l'éclairage représentent l'énergie consommée par le bâtiment. Les limites chronologiques correspondant à une période pour laquelle nous avons suffisamment de sources. Notre choix s'est avéré pertinent car, même si les bâtiments du Cnam ne sont pas à la pointe de l'innovation énergétique, l'institution elle-même, dans ses fonctions de recherche et de formation, est un haut lieu de l'innovation. En effet, les discussions rapportées par nos sources sur la modernisation des installations du chauffage et de l'électricité reflètent des débats qui corroborent les problématiques de l'appel à la recherche *Ignis Mutat Res*

(IMR)¹ : penser l'architecture, la ville et le paysage au prisme de l'énergie. En tant que laboratoire et incubateur de la modernité technique, le Conservatoire a compté parmi ses professeurs et administrateurs nombre de spécialistes de l'énergétique et de l'ingénierie. Les documents d'archives illustrent bien cette fonction car les débats ne sont pas seulement budgétaires mais concernent aussi des aspects et des options techniques et architecturales liées². Enfin, la documentation reflète des complications liées à l'adaptation de bâtiments anciens à des nouveaux usages.

Un intérêt supplémentaire et important de ce cas d'étude est la continuité des sources d'archives que nous y avons dépouillées. L'analyse exhaustive des budgets disponibles sur la période 1820-1950 nous permet de déduire les courbes du poids du coût de l'énergie dans le budget de l'établissement et d'en réaliser des conversions en Watt par mètres carrés chauffés. Ces courbes nous importent

dans le cadre du projet *Ignis Mutat Res*, car elles permettent un changement d'échelle entre des consommations énergétiques à l'échelle de la ville³, et celles à l'échelle du bâtiment qui sont au cœur de notre sujet. Ainsi, nous proposons une restitution puis des conclusions qui seront argumentées en deux parties : une histoire qualitative et une histoire quantitative.

L'histoire qualitative concerne les hommes, leurs correspondances, leurs choix. Elle permet de suivre l'innovation, de la dater, de l'argumenter. Elle apporte les problématiques historiques et les contextualisations nécessaires pour échapper à une histoire qui serait seulement chronologique. Par exemple, les correspondances des architectes en chef permettent d'appréhender la réalité du lien entre la question de l'innovation architecturale et de l'innovation énergétique.

L'histoire quantitative crée une continuité sur la période par plusieurs types de rendus. De la courbe du poids énergétique dans le budget aux « DPE historiques », nous les avons retenus pour répondre aux besoins spécifiques des questions posées par l'appel à la recherche et à notre parti pris d'une histoire longue contexte d'un état actuel et futur.

1 IMR est un appel à la recherche lancé par le Ministère de la Culture et de la Communication de 2011 à 2014. La présente étude est issue des résultats de l'équipe HPCE (2011-2013), répondant à IMR et dirigée par Emmanuelle Gallo. L'équipe de recherche a discuté la stratégie générale technique, historique et prospectiviste. Des membres se concentrent sur des cas d'études répondant à des caractéristiques spécifiques, ayant en commun d'être des bâtiments publics intégrés au territoire parisien.

2 Lise Cloître nous a très bien accueillis aux archives du Cnam et grâce à ses conseils nous avons pu parcourir de nombreux documents. Un site Web disponible sur l'intranet du Cnam, réalisé par M. Lippmann (ayant travaillé pour le Cnam et passionné par l'histoire de l'institution) retrace l'histoire des bâtiments du VII^e siècle jusqu'en 1969 (événements, dates, noms et illustrations diverses) [<http://ww2.cnam.fr/smdc/>].

3 Voir les travaux novateurs et récents de Eunhye Kim (2013), sous la direction de Sabine Barles, que nous avons pu découvrir durant la journée d'étude « Contributions à l'histoire des consommations énergétique à l'échelle de la ville et des bâtiments publics », organisée par notre équipe HPCE à l'École nationale supérieure d'architecture de Paris Belleville le 9 septembre 2013.

Histoire succincte de l'îlot urbain et des bâtiments du Cnam

Le Cnam recouvre actuellement deux îlots urbains. Installées dans les bâtiments du prieuré Saint-Martin-des-Champs dès 1798, les constructions anciennes et hétérogènes sont progressivement adaptées aux nouvelles fonctions tout au long des XIX^e et XX^e siècles – cherchant constamment à densifier et à optimiser la parcelle historique. Il s'agit d'une tranche urbaine importante, au centre du vieux Paris dense, dont les adaptations conçues par des initiés sont documentées dans les archives. Cela nous a poussés à observer les liens entre savoir théorique, administration et évolution urbaine.

Au début du XIX^e siècle, en l'absence de directives précises, l'architecte François Jacques Delannoy (1755-1835) improvise un programme de réhabilitation pour aménager des espaces d'expositions, d'ateliers et d'enseignement. Ces travaux sont dictés par l'urgence et le manque de moyens financiers. La construction d'un amphithéâtre est décidée par un décret du roi en 1819 dans l'ancien cloître, adossé contre le réfectoire - aujourd'hui investi par la bibliothèque. Le succès de l'enseignement dans les années 1830 (au détriment du musée) ainsi que le souci de la Monarchie de Juillet de développer une politique favorable à l'artisanat, sont à l'origine d'un grand développement dans

les années 1840. L'architecte chargé de l'institution est alors Léon Vaudoyer (1803-1872), nommé à cette fonction en 1838. Il multiplie les projets de modifications sur la demande de l'administrateur général Claude Pouillet (1790-1868) et du Conseil des Bâtiments Civils. Ces travaux d'envergure commencent en 1846 selon les plans d'un projet accepté en 1844, comprenant un second amphithéâtre (aménagé vis-à-vis le premier et longeant l'église en 1845-1847), la restauration du réfectoire, la réinstallation de la bibliothèque ainsi que l'aménagement progressif de laboratoires et de cabinets pour les professeurs dans l'ancien bâtiment de la Mairie du Xe arrondissement. La construction d'un bâtiment pour le « portefeuille industriel » est projetée par les architectes Dubois et Vaudoyer, mais les travaux durent trente ans (1848-1878) du fait des expropriations opérées. Ces travaux transforment la morphologie de l'îlot Saint-Martin. La mise en service d'un auditorium de 700 places augmente les coûts de chauffage et d'éclairage (de 3 % à plus de 10 % du budget global). Le coût de l'énergie fait désormais partie des préoccupations de l'administrateur général, remplacé lors des troubles de la Révolution de 1848-1849 qui voit l'occupation du Cnam par les insurgés puis sa prise d'assaut par la Garde Républicaine. Pendant trente ans, de 1849 à 1880, Arthur Morin (1795-1880), ingénieur militaire et théoricien de l'énergie appliquée, dirige l'institution. La température minimale doit être de 15 °C et, selon des tests effectués par Morin la température moyenne se

Les ilots du Cnam : en 1788 et en 2014



Girard, P.-S., Verniquet, E., Plan de nivellement général de la ville de Paris rapporté sur l'Atlas du plan général de la ville de Paris de Verniquet, env. 1805.



Extrait de la base de données géomatique de l'Atelier Parisien d'Urbanisme BDAPUR 2010, 2012.

situé autour de 20 °C. Avec le Second Empire l'église est dégagée, des réservoirs d'eaux sont installés dans la tour (destinés à alimenter les machines hydrauliques dans la nef) et les bâtiments longeant la rue Saint-Martin sont projetés; ces travaux sont accompagnés par de nombreux réaménagements intérieurs. Des extensions souterraines sont lancées en octobre 1932 sur les plans de Louis Hippolyte Boileau (1878-1948) et Jacques Debat-Ponsan (1882-1942). Le gros œuvre est terminé en 1933 et l'ensemble achevé en 1935.

La construction de l'îlot de l'école Centrale est décidée en 1874 et confiée à l'architecte René Demimuid (1835-1881). Suite au décès de ce dernier le projet est repris et réalisé par Jules Denfert, l'école ouvrant fin 1884. L'édifice se compose de quatre côtés d'un rectangle de 99,6 m x 60,9 m avec un amphithéâtre dans l'angle sud-ouest. Le bâtiment est chauffé à la vapeur par la société Geneste & Herscher, à l'exception de l'administration qui dispose d'un calorifère à air chaud Perret & Olivier (en brique). L'école consomme du gaz pour sa cuisine et avait sa propre usine d'électricité. Quand l'École Centrale quitte Paris en 1954, le bâtiment revient au Cnam. Il s'agit ainsi d'un ensemble de constructions hétérogènes adaptées avec les moyens du bord à des besoins qui évoluent constamment. La particularité étant toutefois l'intérêt pour les techniques et les compétences de son administration, spécificités que nous développerons plus dans les para-

graphes suivants.

Étude qualitative : le Cnam et l'énergie, méthodologie et sources

Les procès-verbaux du conseil d'administration du Cnam nous informent sur les débats concernant les équipements électriques et de chauffage durant la dernière moitié du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle. Nous relevons également des informations concernant le chauffage et l'électricité jusqu'au milieu des années 1930. Les données ne sont pas homogènes : certaines années il n'y a aucune autre information que le budget général; à l'inverse, pour d'autres, les comptes rendus sont très détaillés surtout lorsque des nouvelles installations sont envisagées. Pour la période 1931-1963, nous avons également parcouru les correspondances des architectes en chef de l'institution qui relatent des échanges administratifs (surtout avec le directeur du Cnam) ainsi qu'avec divers entrepreneurs (notamment des devis).

La hiérarchie administrative est apparente. Les membres du conseil d'administration, sous la supervision du directeur du Cnam, débattent sur les modalités de modernisation de l'institution au sein du « conseil de perfectionnement ». Des membres de ce conseil forment des commissions avec des spécialistes extérieurs pour faire des propositions, des études techniques, etc. Les

problèmes budgétaires apparaissent clairement, le Cnam étant budgétairement lié à plusieurs ministères et institutions, les priorités de ces dernières divergeant souvent. Nous pouvons ainsi suivre les problèmes de financement de ces installations et les discussions concernant le coût des énergies. À titre d'exemple, lorsque les amphithéâtres souterrains sont achevés, le ministre des finances n'accorde pas les crédits demandés pour ces nouveaux espaces. Lors d'une délibération du conseil, M. Nicolle présente une lettre du ministre des finances refusant les crédits supplémentaires demandés pour assurer les dépenses de chauffage et d'éclairage, tant pour l'exercice 1933 que pour l'exercice 1934. M. Coutray suppose alors que l'administration des finances doit être insuffisamment renseignée, car :

« il s'agit, en l'espèce, de bâtiments nouveaux construits conformément au vote du parlement : le fonctionnement des nouveaux services, créés en application de la loi sur l'outillage national, ne peut être assuré sans l'inscription de crédits nouveaux indispensables pour subvenir aux dépenses d'entretien, de chauffage et d'éclairage ».

Les administrateurs du Cnam soulignent que cette dépense ne peut être évaluée avant même qu'aient été construits les locaux, ainsi ils jugent que :

« les motifs allégués par l'administration des finances pour refuser les crédits ne peuvent être retenus car ils entraîneraient nécessairement la fermeture des nouvelles salles, ce que l'administration des finances n'a sûrement pas compris. La mise en service des amphithéâtres sou-

terrains, particulièrement vastes et des locaux nouvellement aménagés, comporte nécessairement une augmentation sensible des frais de chauffage et d'éclairage. Refuser l'augmentation des crédits demandés équivaut, en fait, à rendre inutilisables les perfectionnements apportés au Conservatoire et à exiger la fermeture d'amphithéâtres et de locaux dont la construction et l'aménagement autorisés par le parlement, poursuivis par l'administration ont fait l'admiration générale et n'ont pas peu contribué au Conservatoire à assurer, dans des conditions particulièrement satisfaisantes, sa mission éducative⁴. »

Peu de temps après, M. le Président expose au conseil qu'il est intervenu instamment auprès du gouvernement en vue d'obtenir, conformément aux intentions exprimées, au nom du Sénat, par M. Regnier, rapporteur général de la commission des finances du Sénat, le relèvement de 311 000 francs demandés, au titre du chapitre VI du budget de l'enseignement technique, indispensable pour assurer les frais de chauffage et d'éclairage des nouveaux locaux du Conservatoire, espérant que le ministre des finances ne tarde pas à donner satisfaction à cet égard⁵. Les sources consultées ne nous renseignent malheureusement pas sur la fin de ce conflit.

Le dépouillement nous a également permis de constituer plusieurs listes de personnes : architectes, administrateurs, professeurs. Certains noms sont bien

4 [Archives Cnam – Procès-verbaux du conseil d'administration 1934, pp. 65-67.]

5 [*Ibid.*, p. 31.]

connus, d'autres restent plus anonymes : lorsque nous disposons d'informations sur les architectes en chef il s'avère qu'ils furent souvent des élèves, ou firent partie de l'entourage, d'ingénieurs-architectes innovants : Claude Jean Baptiste Jallier de Savault (1740-1806) élève de Jacques-Germain Soufflot et André Granet (1881-1974), gendre de Gustave Eiffel et collègue d'Auguste Perret.

Différentes installations de chauffage au Cnam

Au milieu du XIX^e siècle le projet de chauffage fut confié à Léon Duvoir-Leblanc qui installe un calorifère à eau chaude, sa spécialité, dans les deux amphithéâtres⁶. Des tuyaux d'eau sont amenés sous le grand amphithéâtre et réchauffent l'air « montant » et, en 1862 une haute cheminée de ventilation pour ces espaces est construite dans la cour (démolie en 1933). En 1880 des épreuves sont effectuées à l'aide de la pompe à pression d'une chaudière verticale à bouilleurs et foyers intérieurs à la pompe à vapeur et à l'aide de la pompe à pression d'une chaudière cylindrique d'occasion du Cnam ; à la fin d'octobre 1898 le nettoyage annuel de la chaudière Belleville du Conservatoire est réalisé « comme d'habitude ».

⁶ 1849 : travaux calorifères pour 36 000 francs ; 1883 : calorifère du petit amphithéâtre pour 3 000 francs ; 1892 : l'architecte Gabriel Auguste Ancelet (1829-1895) prévient le directeur qu'il doit faire établir des cuvettes à eau au-dessous des foyers des calorifères qui n'en possèdent pas encore.

Puis MM. Grouvelle et Arquembourg, installent un chauffage à vapeur mis en service en octobre 1900 (peut-être s'agit-il du même système que celui présenté à l'exposition universelle de 1900). Pendant l'hiver 1900-1901, les degrés de température exigés par le cahier des charges ne sont pas atteints et le chauffage exige plus de combustible qu'indiqué. Les constructeurs avouent s'être trompés dans le calcul de la consommation maximum de combustible. Ainsi, afin d'atteindre les degrés de température exigés, ils modifient les installations intérieures et augmentent le nombre de radiateurs afin d'atteindre les degrés de température exigés. Lors de débats autour de ce problème, le conseil d'administration du Cnam souligne que l'économie de consommation avait été le motif déterminant du choix de ces constructeurs et de leur système de chauffage mais que les besoins du service n'exigeaient pas que la température intérieure des galeries soit supérieure à 11 ou 12 degrés. Ils concluent qu'une transaction avec les constructeurs s'impose car :

- d'une part l'enlèvement et le remplacement intégral de tous les travaux laissés pour compte à d'autres constructeurs ne peuvent être faits qu'entre le 15 avril et le 15 octobre 1903, cette période de six mois étant matériellement insuffisante et le fonctionnement des services risquant d'être arrêté pendant un temps plus ou moins long au commencement de l'hiver 1903 ;
- d'autre part, la commission reconnaît la bonne exécution des travaux et réclame seulement une indemnité en

compensation du supplément de combustible résultant de l'erreur de calcul commise par les constructeurs.

Lorsque l'installation du chauffage à la vapeur dans le nouveau bâtiment du laboratoire d'essais et dans le bâtiment Vaucanson devient nécessaire, Gustave-Adolphe Gerhardt (1867-1921), architecte du Conservatoire, est d'avis de confier ce travail, par un marché de gré à gré, à MM. Grouvelle et Arquembourg. Il argue que l'administration des Beaux-Arts s'est engagée lors du premier concours à confier à ces entrepreneurs toutes les extensions du chauffage à la vapeur dans le Conservatoire. Le motif déterminant de s'adresser à la maison Grouvelle et Arquembourg est cependant que, si l'installation d'appareils connexes est faite par deux entrepreneurs différents, la responsabilité du fonctionnement ne peut être déterminée contre aucun d'eux car celui qui serait chargé de la manutention ne manquerait pas de rejeter ses propres fautes sur les imperfections des installations de son confrère. En outre, ces entrepreneurs devraient consentir à faire une importante réduction sur le prix de leur devis si, d'autre part, on les exonérait de l'indemnité dont il avait été question. À cette même occasion l'option de se passer du concours d'un entrepreneur de chauffage est également discutée. La conclusion est qu'une économie peut en effet être réalisée mais que cela provoquerait des complications, car le Conservatoire serait obligé de licencier après six mois de travail les mécaniciens ou chauffeurs recrutés au commencement de l'hiver, après six mois de travail, tandis que les entrepreneurs

de chauffage auraient conservé, même en été, leurs meilleurs ouvriers. Ainsi, le Conservatoire ne trouverait vraisemblablement que des mécaniciens ou chauffeurs renvoyés par des patrons. En outre le Conservatoire serait obligé de payer en permanence un mécanicien supplémentaire pour parer aux absences fortuites résultant de maladies, tandis qu'un entrepreneur, sur un simple coup de téléphone, envoie immédiatement les remplaçants nécessaires dans tous les cas possibles, maladie, accident, ivresse, insubordination, etc. Enfin, le marché met à la charge de l'entrepreneur non seulement les accidents de travail proprement dits, mais encore les avaries de matériel résultant du fait des ouvriers (chaudière brûlée, dynamos faussées, etc.). La solvabilité personnelle de l'entrepreneur supprime à cet égard tout aléa pour le Conservatoire tandis qu'il n'aurait aucun recours utile contre les mécaniciens et chauffeurs auteurs d'accidents de matériels survenus par leur faute. Ainsi, l'entretien et la manutention des appareils de chauffage à la vapeur du Conservatoire sont confiés par l'administration des Beaux-Arts à la maison Grouvelle et Arquembourg.

Par contre, afin de ne pas subir les évaluations très onéreuses d'un entrepreneur obligé de tenir compte dans un forfait des abaissements de température les plus excessifs et les plus prolongés, l'administration du Conservatoire pouvant surveiller directement la consommation du charbon ne charge pas l'entrepreneur de fournir à forfait le combustible. En 1907 il est suggéré que le Conservatoire aurait avan-

tage à traiter directement avec une mine du Nord ou du Pas-de-Calais, obtenant ainsi des fournitures très homogènes et peut-être même une diminution de prix. En outre, les briquettes d'Anzin peuvent être substituées aux grains lavés demi-gras. Mais ceci pose alors deux problèmes.

D'une part les tentatives faites pour traiter directement avec les mines n'aboutissent pas, la Mine d'Aniche ayant seule consenti à se présenter à l'adjudication du 29 août 1901 et le prix qu'elle soumissionne est très supérieur à celui de l'adjudicataire. Le représentant d'Aniche explique que les Mines préfèrent traiter de gré à gré, ne voulant pas faire concurrence, dans une adjudication publique, aux marchands de gros de Paris

D'autre part, les Mines se servant du service de camionnage de la Compagnie du Nord, ne peuvent effectuer la livraison que dans la cour de l'établissement et ne se chargent pas du coltinage du charbon de la cour à la cave de dépôt. Or, les aménagements du Conservatoire ne permettent pas l'accès direct à la cave par des regards et des soupiraux. Le charbon étant versé des voitures, il fallait ainsi accéder à cette cave assez éloignée par un escalier; le coltinage à dos d'homme augmenterait donc très sensiblement le prix de la fourniture. Le Conservatoire ne disposant pas du personnel nécessaire pour ce coltinage qui ne saurait incomber aux gardiens, rencontrerait les plus grandes difficultés à recruter rapidement des coltineurs occasionnels nécessaires pour les livraisons très fractionnées. Ainsi, l'administration conclut que la

clause du cahier des charges obligeant le fournisseur à assurer le coltinage est une nécessité. En outre elle décide d'étudier, avec l'architecte du Conservatoire, les aménagements qu'il serait possible de réaliser pour amener directement les charbons livrés de la voiture du camionneur à la cave de dépôt sans coltinage à dos d'homme. Enfin, des nouvelles démarches doivent être faites auprès des mines pour les amener à traiter directement avec le Conservatoire, tout au moins pour les combustibles spéciaux nécessaires au service du chauffage central à la vapeur. Ils constituent la plus grosse partie des approvisionnements: le tout-venant pour calorifères et le Charle-roi pour foyer ne forment qu'un appoint, pouvant être achetés dans le commerce sur simple commande

Dans sa séance du 23 juillet 1908, le conseil d'administration autorise l'aménagement de soutes à charbon, destinées à permettre d'emmagasiner une plus grande quantité de combustibles que précédemment et d'assurer d'une façon régulière le chauffage des divers services sans avoir à craindre les difficultés de livraison si un hiver rigoureux venait à se produire. Le coût de l'installation, 3 299 francs, est amorti sur le prix du combustible dès la première année (sur les 300 tonnes de réserve emmagasinées pendant la saison d'été, on réalise une économie totale de 3 163 francs).

Avec la guerre (1917), l'approvisionnement en charbon du Conservatoire devient difficile: sur les 600 tonnes nécessaires, seules 200 à 250 peuvent

provenir des mines du Nord, le surplus devant être demandé à l'importation. Afin d'éviter les lenteurs d'une correspondance, des représentants du Cnam se rendent à Rouen où ils visitent les principaux importateurs de charbon. Ainsi ils reçoivent la proposition d'une péniche de 300 à 320 tonnes ou bien de 200 à 250 tonnes de « Cardiff grains lavés » certes à un prix assez élevé, mais ce charbon ne comportant pas plus de 10 % de poussière convient bien aux chaudières du Cnam, alors que le charbon des mines du Nord en contient de 40 à 50 %.

En 1921 le conseil déduit que, pour la fourniture de combustible pour l'hiver, il n'est guère possible de revenir aux habitudes d'avant-guerre et de procéder à des adjudications. En raison de la crise minière que vient de traverser l'Angleterre, le conseil juge qu'il est prudent d'assurer rapidement une partie de la fourniture nécessaire au Cnam. Le combustible nécessaire au chauffage du Conservatoire pendant un hiver ne pouvant prendre place en totalité dans les sous-sols de l'établissement, les négociants en charbon ont auparavant accepté de passer chaque été un marché pour une double livraison (l'une pendant l'été, l'autre pendant l'hiver). Or, en 1923-1924, par suite de la pénurie des stocks et de l'incertitude des cours, les négociants refusent de soumissionner pour une livraison pendant l'hiver suivant. Dans ces conditions, le directeur demande au conseil l'autorisation de faire appel à une concurrence restreinte en vue de la fourniture de la quantité de combustible pouvant immédiatement trouver place dans les sous-sols

(200 tonnes environ) et de faire procéder dans le courant de l'hiver à un nouvel appel pour le complément nécessaire à l'approvisionnement du Conservatoire.

Parmi les membres du conseil d'administration, nous trouvons des professeurs d'électricité et de systèmes de chauffage, spécialistes contemporains cherchant à faire les meilleurs choix et si possible améliorer les installations existantes aux moindres coûts, parfois en profitant de leur enseignement pour effectuer des expériences (des travaux dirigés)⁷. Tel est le cas lorsque le préfet de police rappelle :

l'ordonnance du 22 juin 1898 interdisant, dans Paris, l'émission des fumées noires, épaisses et prolongées en priant le directeur de prendre des mesures pour remédier aux fumées dégagées par la cheminée principale du Conservatoire.

Et en 1904, lorsque l'administration hésite entre un changement du charbon consommé ou l'installation d'un fumi-vore, le conseil opte pour des essais avec plusieurs solutions après avoir débattu sur la question. Les procès-verbaux rendent

⁷ Par exemple Arthur Morin administrateur du Cnam de 1849 à 1880, spécialiste du chauffage ; et Louis Auguste Édouard Sauvage, professeur de construction de machines à l'École des Mines de Paris à partir de 1887, ingénieur en chef honoraire des Chemins de fer de l'État, professeur au Cnam et lauréat de l'Institut. Il publia plusieurs ouvrages, dont *Mécanique pratique des machines à vapeur* (1963) ou, en relation avec le Cnam, le texte « Chauffage et ventilation des amphithéâtres du Conservatoire des Arts et Métiers » (*Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, Paris, 1864-1865).

Les architectes en chef des bâtiments du Cnam 1799-1963

ARCHITECTES EN CHEF DU CNAM	ANNÉES
François Jacques Delannoy	1799 à ...
Claude Jean-Baptiste Jallier de Savault	1806
Antoine-Marie Peyre	1811 à 1828
Dubois	
Léon Vaudoyer	1838 à 1872
Gabriel-Auguste Ancelet (collaboration avec Vaudoyer, nommé architecte du CNAM en 1872)	
Le centralien René Demimuid	1874
Jules Denfert	
Adolphe Gerhardt	vers 1900
Henri-Louis Deneux (architecte des monuments historiques)	rénovation de l'église en 1914
Louis Hippolyte Boileau	... à 1935
Jacques Debat-Ponsan	1935 à 1938
André Granet	1938 à ...
Charles Musetti (architecte en chef)	1948
Pierre Sardou (architecte en chef)	
Jacquin (architecte en chef)	1963

Quelques innovations énergétiques : 1904-1927

DATE	OBSERVATIONS		CONCLUSIONS
	POSITIVES	NÉGATIVES	
1904	<p>1. Remplacer les charbons demi-gras pour forges (dits tout venant) par des grains demi-lavés demi-gras, dont la combustion donne une fumée blanche, très légère sans suie.</p> <p>2. Les combustibles anthraciteux donnent des meilleurs résultats que les grains lavés.</p> <p>Installation d'un appareil fumivore "procédé Cavanaugh" – 1 500 francs par chaudière.</p>	<p>3. Combustible plus cher (soit environ + 1 000 francs/an – coût atténué par un pouvoir calorique plus fort + le coût compatible avec le budget).</p> <p>4. Nécessiterait un changement des foyers et des grilles – sauf si utilisation à l'état de gros morceaux (gailletterie) dont le prix est inabordable pour un emploi industriel.</p>	<p>D'abord substitution des grains lavés 1/2 gras au tout-venant de forge – si résultats non satisfaisants, essais avec un appareil Cavanaugh – négocier avec l'octroi de Paris pour que le CNAM puisse bénéficier de la taxe réduite de 1 franc par tonne.</p>

suite →

DATE	OBSERVATIONS	CONCLUSIONS
1906/07	<p>Substitution des briquettes d'Anzin aux grains lavés (les prix sont en forte hausse à cause de l'extension de leur emploi dans la région de Paris), faire des essais l'hiver prochain pour voir si ces briquettes conviennent bien aux foyers des chaudières du conservatoire;</p> <p>+ si elles ne dégagent pas plus de fumées noires que les grains lavés et si le prix procure une économie;</p> <p>+ faire des nouvelles démarches auprès des Mines pour un traitement direct avec le CNAM au moins pour les combustibles spéciaux nécessaires au service du chauffage central à la vapeur - qui constituent la plus grosse partie des approvisionnements - le charbon tout venant pour calorifères; le charbon type Charleroi pour foyers qui ne forment qu'un appoint (pouvant être acheté dans le commerce sur simple commande).</p>	<p style="text-align: center;">1908/09</p> <p>Suite aux expériences des dernières années : adjudication des charbons pour l'hiver 1908-09 selon un cahier des charges.</p> <p>Adjudication annoncée par voie d'affiches fournitures de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - env. 410 000 kg de charbon de terre - 5 000 000 kg de grains lavés demi-gras pour chaudières à vapeur tubulaires, type Belleville - 30 000 kg de charbon tout venant pour calorifères - 30 000 kg de charbon demi-gras type Charleroi, peu fumeux et de bonne qualité calorifique pour les fourneaux de cuisines et foyers domestiques en gros morceaux de gailleterie - 50 000 kg de fines et menus pour calorifères Michel Perret
1927	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le fumivore Wilton a atténué un peu la fumée noire, mais ne l'a pas fait disparaître; M. Winckler, inventeur et ingénieur de la maison Wilton, demande que le conservatoire l'autorise à compléter son appareil placé sur une chaudière, afin de poursuivre la démonstration de son système fumivore qui donnerait de bons résultats en province. 2. L'économiseur fumivore Hoefleur a réalisé une économie de consommation mais ne s'est pas montré fumivore. 3. Pour faire disparaître la fumée, le chauffage au mazout, en employant les brûleurs S.A.I.M., a été proposé et semblerait assez déduisant parce qu'il entraînerait une réduction du personnel des chauffeurs et la disponibilité de locaux en sous-sols assez importants; mais la dépense de chauffage serait plus élevée. Une étude de cette installation a été faite gracieusement par M. Citroën. 	<p>Le fumivore Wilton et l'économiseur fumivore Hoefleur ont été essayés avec un succès médiocre.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. De cette étude résulte que la dépense de premier établissement serait fort élevée. 5. La fumivorité tient surtout à la qualité du charbon et à la façon dont on conduit la chauffe. Il estime qu'une prime de 150 francs par mois accordée aux chauffeurs serait plus opérante que la mise en service d'appareils plus perfectionnés. <p>Dans un avenir de 4 à 5 ans, on pourrait envisager l'installation à Paris de chauffages centraux par quartiers, et, s'il en était ainsi, l'abonnement du conservatoire à un chauffage de ce genre se présenterait comme la solution la plus heureuse.</p>

compte des arguments pour et contre chacune des propositions ainsi que les conclusions, exposant aussi bien des raisons techniques que budgétaires.

Malgré des expériences avec différents systèmes, en 1927 le problème n'est toujours pas résolu. Il est alors entendu qu'en attendant l'installation de chauffage central, on s'efforcera de rechercher un combustible ou un mélange de combustibles provoquant moins de fumée, au moment du renouvellement du marché de charbon et que des consignes plus précises seront données aux chauffeurs pour éviter la production de fumée noire. À cette occasion le professeur Emilio Augustin Damour⁸ fait observer que cette mise au point serait bien facilitée par l'acquisition de quelques appareils de contrôle de la combustion, en outre bien utiles aux démonstrations des travaux pratiques de chauffage industriel.

L'année suivante, le conseil accorde l'ouverture d'un crédit de 1 000 francs au professeur Damour pour continuer ses essais de fumivorité appliqués aux bat-

teries de chauffage du Cnam. Le conseil autorise également les établissements Salaberri à installer dans l'une des chaudières de la salle de chauffe du Conservatoire un appareil fumivore économiseur, installation faite aux frais des établissements Salaberri sans aucun engagement d'acquisition d'un appareil et ce quel que soit le résultat des essais. Trois ans plus tard, le conseil accepte l'installation d'un appareil fumivore-économiseur sur l'une des chaudières du Cnam. Le Docteur Lobligeois, chef du service de radiologie de l'hôpital Bretonneau, officier de la légion d'honneur et Conseiller municipal, se porte garant pour cette installation qui, selon lui, donnera une fumivorité naturelle complète et permettra de réaliser au moins 20% d'économies. Les données réunies dans le cadre de ce travail ne nous ont pas permis de vérifier cette promesse. En janvier 1930, deux nouvelles propositions sont faites.

La compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz (12 place des États-Unis, Montrouge) propose de mettre gratuitement à la disposition du Cnam un compteur d'eau chaude et des appareils de contrôle de chauffe des quatre chaudières. Cette installation est jugée présenter un réel intérêt pédagogique pour les travaux pratiques de chauffage industriel (tels que la mesure du tirage, des quantités de houille brûlées, l'analyse des gaz de la combustion, etc.) et peut même conduire à quelques améliorations dans la marche des chaudières. Le coût de cette installation (comprenant manomètres, pyromètres, analyseurs en-

⁸ Emilio Augustin Damour, ingénieur civil des mines, professeur au Cnam (1925-1934); réalisa des travaux sur le chauffage industriel, la verrerie, la chimie industrielle, fut lauréat de l'Institut (1912) et membre du jury de l'Exposition universelle de Paris (1900). Il est l'auteur de plusieurs publications sur le chauffage et le combustible: *Le chauffage industriel et les fours à gaz: utilisation de la chaleur et récupération* (1898); *Les sources de l'énergie calorifique*, avec Jean Carnot, Étienne Rengade (1912); *Les Moyens d'accélérer le progrès dans l'économie de combustible* (1920); *Cours de chauffage industriel* (publications du Cnam).

registreurs des produits de la combustion, instruments de mesures de l'eau consommée, de la vapeur produite et du combustible dépensé) est évalué à environ 20 000 francs.

La société d'amélioration des rendements thermiques et de fumivorité, recommandée par Damour, qui a travaillé pour eux avec succès, dans les usines de la C^{ie} des Forges & Aciéries de la Marine et d'Homécourt ainsi que dans une chaufferie de la Société Babcock et Wilcox, propose de faire disparaître les fumées de la grande cheminée du Cnam et d'assurer en même temps une économie d'environ 20 % sur la consommation du combustible. Damour souligne à cette occasion que :

cet essai me donnerait une occasion de mettre au point la chaufferie du Cnam en vue des travaux pratiques de chauffage industriel [et] ne coûterait rien au Conservatoire, si la société en question pouvait se payer sur l'économie réalisée.

Il a auparavant fait un essai de fumivorité sur une batterie de chaudières Belleville à Montreuil où il a réussi à faire disparaître la fumée ; il a obtenu des résultats satisfaisants sur d'autres chaudières à Hautmont et à la Courneuve, après des essais de repassage des imbrûlés grâce à un réglage minutieux.

En 1932 enfin, un projet et un cahier des charges sont dressés pour la transformation des chaudières du chauffage central au mazout – cette transformation, facilement réalisable du point

de vue technique, présente de nombreux et importants avantages dont les principaux sont :

- une économie très appréciable ;
- la possibilité d'accroître facilement la puissance de chauffe de l'installation, avantage précieux au moment où la création de locaux en sous-sols va être entreprise ;
- la suppression des suies, fumées et poussières, particulièrement gênantes tant pour le Conservatoire et son musée que pour les habitants du quartier ;
- la libération de 300 m² de caves auparavant employées pour stocker les réserves de charbon. Ces caves, parfaitement sèches, très hautes de plafond, et bien aérées peuvent servir à l'extension des laboratoires pour les travaux pratiques des élèves, extension qui devient nécessaire.

La dépense à envisager pour la transformation et la révision générale de l'installation existante est estimée à environ 300 000 francs et doit entraîner une économie (combustible, entretien, salaire du personnel) d'environ 30 000 francs par an.

Chauffage de la bibliothèque et réfection du grand amphithéâtre

À l'occasion de la présentation du budget en 1917, le directeur signale au conseil le chauffage défectueux de la bibliothèque. Les appareils de distribution de la chaleur sont insuffisants pour

l'immense vaisseau de la bibliothèque, la moyenne des températures n'ayant atteint que quelques degrés au-dessus de zéro dans les hivers normaux. Par les froids rigoureux de janvier et février, le thermomètre est descendu dans la salle de lecture à un degré au-dessous de zéro. Cet état de choses est d'autant plus regrettable que le nombre des lecteurs est assez élevé depuis 1915. Le directeur s'entretient de la question avec l'architecte du Conservatoire. La bibliothèque, monument historique, se prête mal, tant par son esthétique que par ses proportions, à un chauffage convenable. Mais de l'avis de M. Jaussely, il paraît possible de remédier en partie à l'insuffisance constatée au moyen d'un système de rampes passant sous les pieds des lecteurs ; selon lui ce système, alors en usage dans un certain nombre de bibliothèques de Paris, a donné de bons résultats.

Éclairage au Cnam

La nécessité de bien éclairer les bâtiments, aussi bien les salles de cours, les amphithéâtres, la bibliothèque que le musée, est régulièrement discutée. Étant donné qu'il s'agit d'un ensemble hétérogène avec plusieurs bâtiments anciens, les travaux sont compliqués et onéreux. En 1857 un éclairage au gaz est installé dans les salles des cours et les amphithéâtres (pour un coût de 15 000 francs) et, dix ans après dans les galeries et dans la bibliothèque.

Vingt ans plus tard, en 1886, une

usine électrique est installée au rez-de-chaussée du bâtiment des textiles dans l'ancienne salle de l'école de dessin : une machine à vapeur entraînant quatre génératrices, ce qui nécessite la construction d'une cheminée de 26 m de haut dans la cour de l'administration. Le courant est d'abord distribué dans la bibliothèque et les amphithéâtres puis dans les laboratoires auprès de l'église. Lorsque le Cnam se raccorde au réseau de la Société anonyme d'éclairage et de force électrique du quartier en 1892, l'usine est conservée pour servir de source d'énergie d'appoint.

En 1900-1901 une commission d'électricité et la commission des finances étudient différentes options pour installer un éclairage et un service électrique au Conservatoire. Une fois les propositions adoptées, des négociations sont engagées et approuvées avec la compagnie parisienne de l'air comprimé, la société doit alors effectuer des travaux d'arrivée de courants et d'installations dans les services antérieurement desservis par le secteur et par l'ancienne usine d'électricité.

En 1901-1902, cette commission estime que les lampes à arc, alimentées par des conducteurs installés dans les combles de la bibliothèque – c'est-à-dire des fils courant le long des bois d'une vieille charpente dans un grenier qui ne peut être soumis à aucune surveillance – présentent un véritable danger : l'installation initiale date alors de 1888 et la compagnie de l'air comprimé avait uni-

quement changé les fils et amélioré la canalisation existante. Le conseil demande ainsi en urgence une installation provisoire supprimant tous les fils du grenier avant de procéder à une étude avec l'architecte pour déterminer le mode définitif d'éclairage de la bibliothèque. Quelques mois plus tard les conducteurs électriques sont supprimés dans les combles de la bibliothèque et l'éclairage des lampes à arc est rétabli provisoirement au moyen de câbles volants. Le projet d'une transformation définitive de l'éclairage de la bibliothèque au moyen de lampes incandescence était mis à l'étude par l'architecte et la direction. En accord avec l'architecte, une somme de 1 500 francs doit être payée par l'administration des Beaux-Arts et le surplus, 3 700 francs, reste à la charge du Conservatoire (imputé sur le chapitre IV du budget de 1902).

Bilan de l'étude qualitative

Ces débats reflètent une volonté continue d'améliorer et moderniser les installations techniques de chauffage et d'éclairage aux moindres frais. Ils relatent des hésitations et des argumentations pour et contre certaines solutions, avancées par des spécialistes de l'époque. Nous pouvons également constater que ces équipements doivent être entretenus régulièrement, l'enjeu financier est important. Pour le chauffage, la question du choix du combustible est récurrente, les options dépendent d'ailleurs du contexte économique.

Étude quantitative : données statistiques tirées de la longue période

Les objectifs

Le Cnam vit en tant qu'institution depuis 1794 et s'installe sur son emplacement actuel en 1798. L'extension régulière au cours du XIX^e siècle l'amène à couvrir deux îlots du troisième arrondissement. Sa dimension administrativement unifiée nous apporte des données sur une longue période pour les phénomènes énergétiques, dans ce qui tient lieu à la fois d'institution et de lieu urbain cohérent (deux îlots).

Cette section vise à donner de la continuité aux données brutes recueillies pour conjecturer plusieurs phénomènes longs à atteindre par l'exemple. Les rendus permettront d'esquisser des réponses qu'il nous était difficile de trouver à travers l'état de la recherche au début du projet. Le coût de l'énergie du bâtiment est-il volatil ou stable durant le XIX^e siècle? Quelle en est la tendance longue? Quel lien ce phénomène entretient-il avec les notions d'architecture – ramené au m² –? De conjoncture – volatilité des cours –? Ou bien de confort – comprenant l'évolution de la consommation due à ce dernier, rarement visualisable –?

Comme dans la plupart des études statistiques de coûts historiques, il est difficile d'incorporer avec certitude des données fluctuantes et discutables comme l'inflation ou bien, pour notre propos, l'efficacité de la transformation de la

matière première énergétique. Il faut remarquer que c'est toujours le cas de nos jours, si l'on considère les *Diagnostics de Performance Énergétique* (DPE), dont les ratios entre énergie primaire et énergie finale ne font pas l'unanimité scientifique (comme l'efficacité de la transformation produisant l'électricité).

Ainsi, notre choix est de ramener le coût de l'énergie à son poids dans le budget de l'institution. Cela permet de mettre en évidence un marqueur long, reflétant un résultat issu d'une évolution architecturale, d'une notion de confort, ainsi que d'une habileté des administrateurs à choisir les vecteurs les plus efficaces de leur époque. L'étude qualitative précédente l'a montré et c'est elle qui permettra d'interpréter au mieux les tendances.

Pour représenter puis interpréter les données recueillies dans les services d'archives, nous choisissons trois types de rendus :

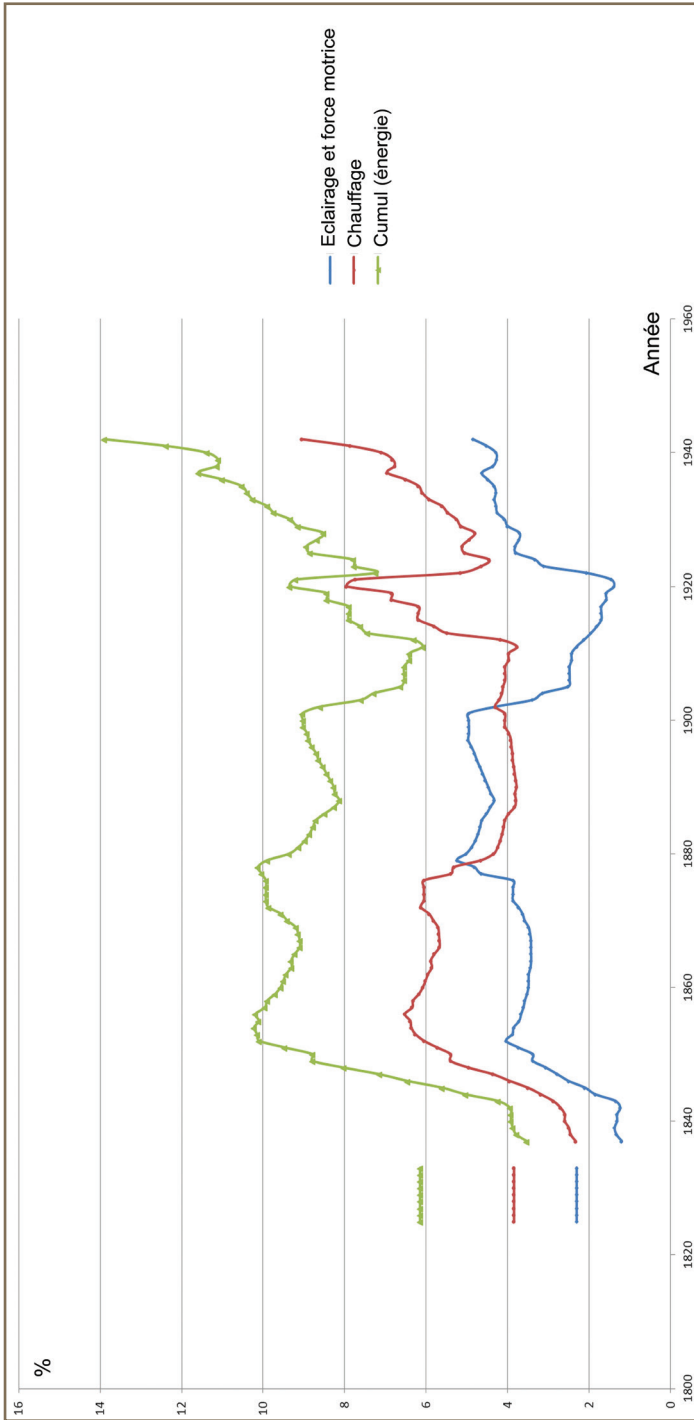
1. La courbe de la moyenne lissée sur dix ans du poids des chapitres « chauffage » et « éclairage », ramenés au budget total de fonctionnement de l'établissement.
2. La coupe architecturale du Cnam, corrélée aux plans historiques, permet d'observer les évolutions architecturales correspondant aux périodes d'analyse, d'y incorporer des lieux énergétiques et d'en quantifier les surfaces utiles et chauffées.

3. L'objet « DPE historique », que nous avons conçu grâce à la pluridisciplinarité de l'équipe de recherche et qui permet de relier architecture et énergie de façon diachronique, mission initiale de la recherche IMR appliquée ici du côté de l'histoire. Cet indicateur n'est pas indemne de critiques et de problèmes techniques. À minima, celles liées au DPE actuellement utilisé, mais également d'autres liées à l'aspect diachronique que nous lui ajoutons. Nous en explicites quelques-unes plus loin.

Les rendus

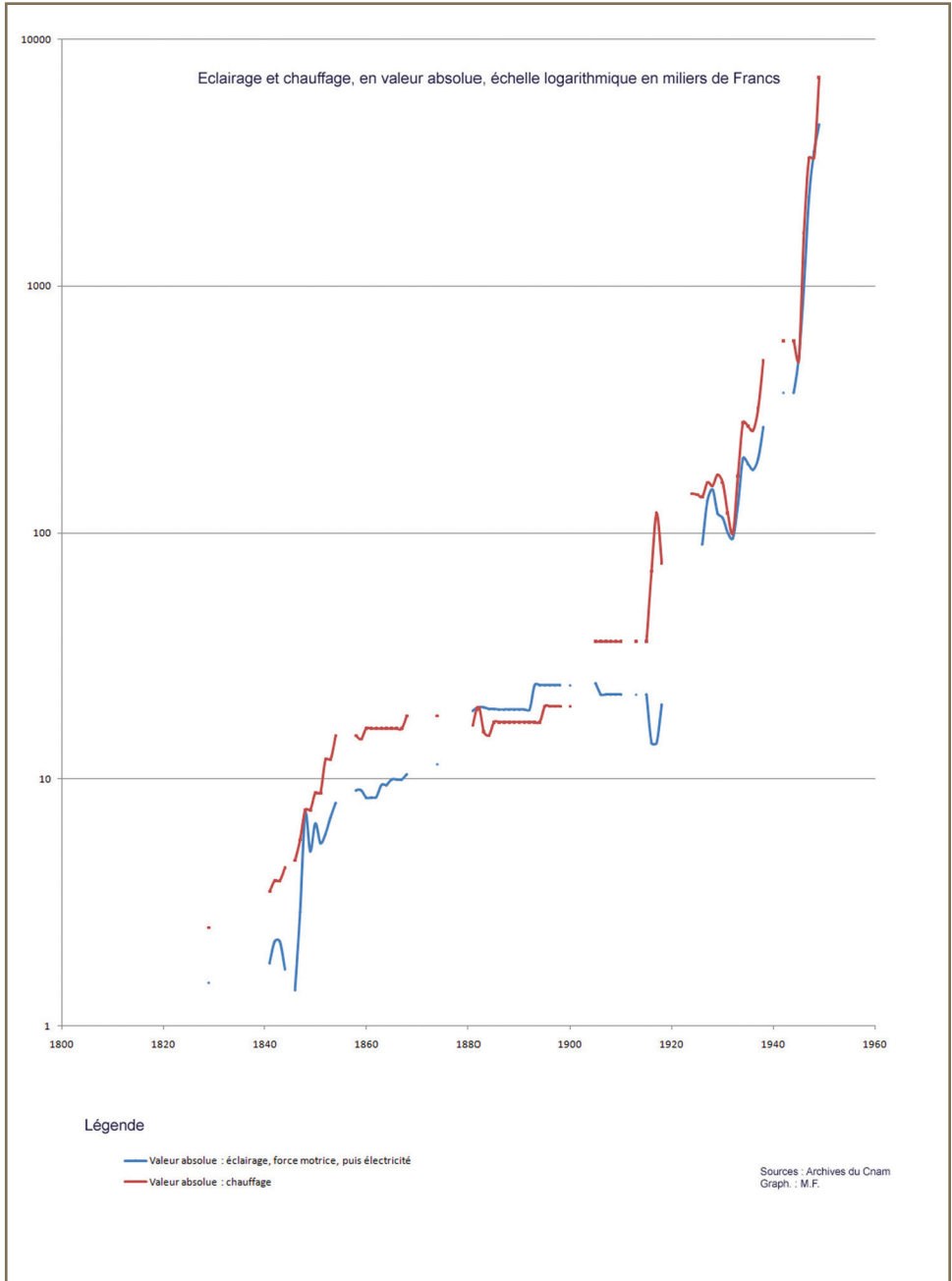
Voir les illustrations ci-après.

1. La courbe du poids des chapitres « éclairage », « chauffage » et « énergie » dans le budget total du Cnam de 1825 à 1949.
2. Chapitres « chauffage » et « éclairage », - en valeur absolue (informatif).
3. Coupe « énergétique » du Cnam par l'agence Villien (Elsa Besson et Benjamin Ciardi).
4. Les plans historiques et la surface chauffée associée.
5. Le Cnam, sections par étages, en 2013.
6. DPE historiques, développés et complétés par Vincent Dellac.
 1. DPE surface chauffée 1794-1840
 2. DPE surface utile 1794-1840
 3. DPE surface chauffée 1840-1853
 4. DPE surface utile 1840-1853.



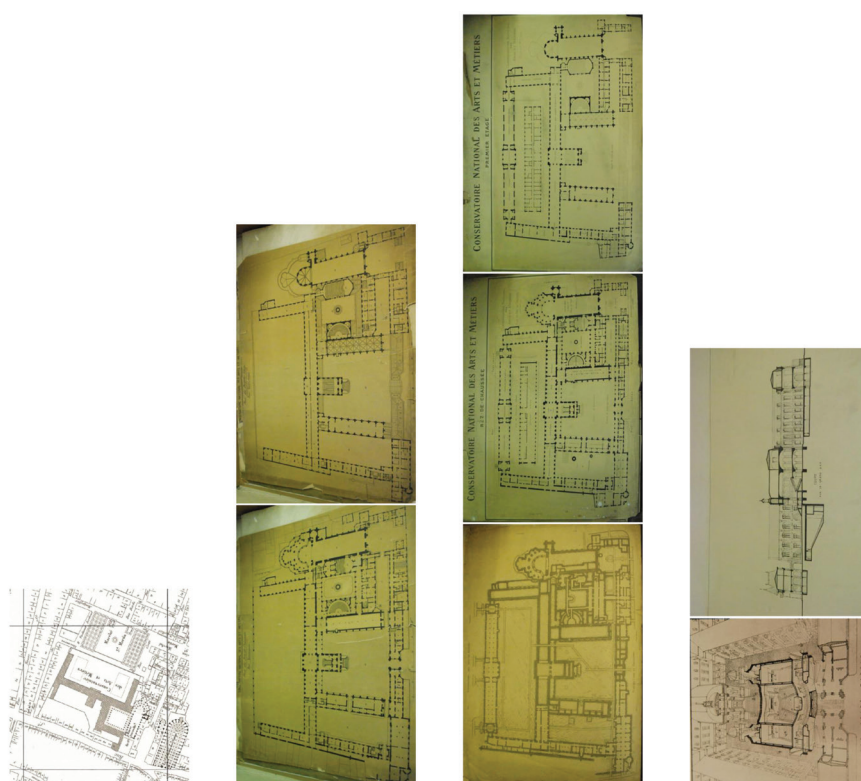
Rendu 1

La courbe du poids des chapitres «éclairage» - bleue -, «chauffage» - rouge -, et «énergie» - leur somme, verte -, dans le budget total du Cnam. Exprimées en %, de 1825 à 1949



Rendu 2

Chapitres « chauffage » et « éclairage », - en valeur absolue (informatif)

<p>Avant 1840 :</p> <p><u>Chauffés :</u></p> <p>Le CNAM ne compte qu'un amphithéâtre, le vieil amphithéâtre : 200 m²</p> <p>La bibliothèque, restaurée par Léon Vaudoyer par la suite : 400 m²</p> <p>Bureaux de Mrs les professeurs : 239m²</p> <p>Total : 839 m²</p> <p><u>Qui seraient chauffés actuellement :</u></p> <p>Total : 4078 m²</p>	
<p>Après 1850 :</p> <p><u>Sont chauffés :</u></p> <p>Les parties précédentes : 839m²</p> <p>2 amphithéâtres ajoutés : 308m²</p> <p>Dont</p> <p>Le grand amphithéâtre : 218m²</p> <p>Le petit amphithéâtre : 88m²</p> <p>Les bureaux de l'administration : environ 400m²</p> <p>Total : 1547 m²</p> <p><u>Qui seraient chauffés actuellement :</u></p> <p>Total : 8450 m²</p>	

Rendu 4

Les plans historiques et la surface chauffée associée

Les bâtiments Saint Martin et Montgolfer
état actuel, par niveaux



Rendu 5

Le Cnam, sections par étages, en 2013

Gracieusement fournie par le service technique de l'établissement

Consommations annuelles d'énergie				Surface chauffée : 1 547 m ²	
Période de relevés de consommations considérée : 1840 - 1853					
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en Kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}	
Chauffage	6881	187.6527399	1355228.088	1355228.088	
Eau chaude sanitaire	-	-	-	-	
Refroidissement	-	-	-	-	
Ventilation	-	-	-	-	
Eclairage	4133	3471.18236	35676.8123	35676.8123	
Bureautique	-	-	-	-	
Ascenseur(s)	-	-	-	-	
Autres usages	-	-	-	-	
Production d'énergie à	-	-	-	-	
TOTAL	11014		1390904.9	1390904.9	
Consommations annuelles d'énergie					
Période de relevés de consommations considérée : 1840 - 1853				Surface chauffée : 1 547 m ²	
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en Kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}	
Charbon	6881	187.6527399	1355228.088	1355228.088	
Huile végétale	4133	3471.18236	35676.8123	35676.8123	
Bois, biomasse	-	-	-	-	
Electricité	-	-	-	-	
Gaz	-	-	-	-	
Production d'énergie à	-	-	-	-	
TOTAL	11014		1390904.9	1390904.9	
Consommation estimée : 899 kWh_{EP}/m².an				Estimation des émissions GES : 337 kg_{CO2}/m².an	

Rendu 6 - DPE historiques, développés et complétés par Vincent Dellac

Tableau 1 : DPE surface chauffée 1794-1840

Consommations annuelles d'énergie		Consommations en énergie primaire	
Période de relevés de consommations considérée : 1840 - 1853		Surface totale : 8 450 m ²	
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}
Chauffage	6881	187.6527399	1355228.088
Eau chaude sanitaire	-	-	-
Refroidissement	-	-	-
Ventilation	-	-	-
Eclairage	4133	3471.18236	35676.8123
Bureautique	-	-	-
Ascenseur(s)	-	-	-
Autres usages	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-
TOTAL	11014		1390904.9
Consommations annuelles d'énergie			
Période de relevés de consommations considérée : 1840 - 1853		Surface totale : 8 450 m ²	
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales
	détail par énergie en Francs	détail par énergie en tonnes de charbon et en kilogrammes d'huile végétale	détail par énergie en kWh _{EP}
Charbon	6881	187.6527399	1355228.088
Huile végétale	4133	3471.18236	35676.8123
Bois, biomasse	-	-	-
Electricité	-	-	-
Gaz	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-
TOTAL	11014		1390904.9
Consommation estimée : 165 kWh _{EP} /m ² .an		Estimation des émissions GES : 62 kg _{CO2} /m ² .an	

Consommations annuelles d'énergie				Surface totale : 4 078 m ²	
Période de relevés de consommations considérée : 1794 - 1840					
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en Kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}
Chauffage	2500	67.20741599	485371.9583	485371.9583	485371.9583
Eau chaude sanitaire	-	-	-	-	-
Refroidissement	-	-	-	-	-
Ventilation	-	-	-	-	-
Eclairage	1500	1185.146168	12180.93231	12180.93231	12180.93231
Bureautique	-	-	-	-	-
Ascenseur(s)	-	-	-	-	-
Autres usages	-	-	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-	-	-
TOTAL	4000		497552.8906	497552.8906	497552.8906
Consommations annuelles d'énergie					
Période de relevés de consommations considérée : 1794 - 1840					
				Surface totale : 4 078 m ²	
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en Kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}	détail par usage en kWh _{EP}
Charbon	2500	67.20741599	485371.9583	485371.9583	485371.9583
Huile végétale	1500	1185.146168	12180.93231	12180.93231	12180.93231
Bois, biomasse	-	-	-	-	-
Electricité	-	-	-	-	-
Gaz	-	-	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-	-	-
TOTAL	4000		497552.8906	497552.8906	497552.8906
Consommation estimée : 122 kWh_{EP}/m².an					
Estimation des émissions GES : 46 kg_{CO2}/m².an					

Rendu 6 - DPE historiques, développés et complétés par Vincent Dellac

Tableau 3 : DPE surface chauffée 1840-1853

Consommations annuelles d'énergie		Surface chauffée : 839 m ²	
Période de relevés de consommations considérée : 1794 - 1840			
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales
	détail par usage en Francs	détail par usage en tonnes de charbon et en kilogrammes d'huile végétale	détail par usage en kWh _{EP}
Chauffage	2500	67.20741599	485371.9583
Eau chaude sanitaire	-	-	-
Refroidissement	-	-	-
Ventilation	-	-	-
Eclairage	1500	1185.146168	12180.93231
Bureautique	-	-	-
Ascenseur(s)	-	-	-
Autres usages	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-
TOTAL	4000		497552.8906
Consommations annuelles d'énergie			
Période de relevés de consommations considérée : 1794 - 1840			
	Budgets	Consommations en unités de base	Consommations en énergies finales
	détail par énergie en Francs	détail par énergie en tonnes de charbon et en kilogrammes d'huile végétale	détail par énergie en kWh _{EP}
Charbon	2500	67.20741599	485371.9583
Huile végétale	1500	1185.146168	12180.93231
Bois, biomasse	-	-	-
Electricité	-	-	-
Gaz	-	-	-
Production d'énergie à	-	-	-
TOTAL	4000		497552.8906
Consommation estimée : 593 kWh_{EP}/m².an			
Estimation des émissions GES : 222 kg_{CO2}/m².an			

Quelques points qualitatifs sur les rendus

• *La courbe*

La comptabilité appliquée des années 1820 aux années 1940 permet de traiter de façon unifiée les données annuelles, les chapitres étant les mêmes d'une année sur l'autre. Il est possible de pousser cette méthode jusqu'au début des années 1950 mais plus ensuite car l'énergie cesse alors d'être une ligne à part entière.

Il faut donc, pour la suite, revenir aux méthodes plus récentes d'analyses, comme, par exemple, au Centre Pompidou (une consommation en Watt, ou par coût réel monétaire corrigé par l'inflation) pour compléter la tendance longue. Au Cnam, nous retrouvons à partir de 1997 de telles données dans le service comptabilité.

Nous n'avons par ailleurs pu accéder aux archives comptables de la CPCU ou d'EDF entre 1950 et 1997.

• *La coupe*

Celle-ci est une coupe actuelle dont la spécificité est d'être énergétique et de montrer l'épaisseur du bâtiment selon nous plus à même d'illustrer le propos énergétique que le plan. Il faut garder les plans historiques pour observer les évolutions.

• *Les indicateurs DPE*

Pour la méthode générale du DPE, et sa compréhension technique, nous renvoyons à la section dédiée du rapport final HPCE (Gallo, 2013). Retenons ici les éléments spécifiques suivants :

Année	TOTAL
	Montgolfier + Saint Martin (EDF + CPCU + GDF)
1997	4 613 141
1998	4 695 481
1999	4 809 364
2000	4 439 487
2001	4 907 000
2002	5 607 947
2003	5 927 804
2004	6 295 619
2005	6 457 720
2006	6 725 455
2007	7 039 586

Consommation électrique et énergétique du Cnam (1997-2007), en Francs.

1. Le volume n'est pas pris en compte, seuls les mètres carrés le sont. Dans le cas d'un bâtiment comme la bibliothèque, ancien réfectoire des moines du prieuré médiéval, la perte de l'information du volume est dommageable.
2. À propos de la température de chauffage et sa régularité : le DPE ne les prend pas non plus en compte. Il produit des résultats moyens, au mètre carré, à l'année. Pourtant intervient ici la spécificité du bâtiment public d'enseignement, par rapport par exemple à l'économie domestique d'un immeuble. Des relevés de température à la fin du XIX^e siècle nous montrent que les amphithéâtres sont chauffés à environ 20-22 °C en hiver. Ils ne le sont que durant les jours d'enseignement, hors vacances et horaires nocturnes. Notre méthode ambitionne ici de comparer des bâtiments publics entre eux et entre époques sur une année de fonctionnement mais il faut garder en mémoire que ces spécificités ne sont pas prises en compte par le DPE lors de l'interprétation.
3. À propos de la part d'incertitude des «DPE historiques» : les surfaces, en mètres carrés chauffés et non chauffés et considérées comme «utiles», sont issues de comparaison entre les fichiers Autocad actuels du bâtiment et les plans historiques du Cnam, associés aux

éléments qualitatifs d'archives. Il est difficile d'obtenir des données parfaitement rigoureuses, il faut donc bien les considérer comme les ordres d'idées les plus crédibles. Les résultats en Watt et émissions CO₂ doivent l'être comme tels également. Les données sur le prix des matières premières ne sont pas régulières dans les archives historiques. Nous les trouvons parfois et déduisons du budget alors affecté les quantités consommées sur une période proche historiquement (exemple : prix de la tonne de charbon de la Compagnie du Nord, où le Cnam s'approvisionne durant la seconde moitié du XIX^e siècle). Une part d'incertitude contrôlée est donc contenue dans ces données.

Analyse et interprétations

• *La courbe énergétique*

On constate une baisse du poids global de l'énergie dans le budget au cours du XIX^e siècle, qui passe de plus de 10 % en moyenne à moins de 6 %. Le choc des guerres est visible. La volatilité des coûts d'approvisionnement est postérieure à la première guerre mondiale. Il faut mettre en parallèle ces courbes avec celles du coût général de l'énergie à Paris, qui reste très stable durant le XIX^e siècle jusqu'au premier conflit mondial comme les courbes de l'approvisionnement en ressources énergétiques de l'APHP, réalisées par ailleurs, peuvent le démontrer.

- *Coupe énergétique et plans*

En parallèle, il y a une augmentation des surfaces utiles et des surfaces chauffées : le confort augmente. Le sous-sol, quasi inexistant au début du XIX^e siècle, représente aujourd’hui presque un tiers de la surface utile de l’établissement. Il prend par ailleurs, au fil des innovations, le quasi-monopole de la localisation des sources énergétiques et de leur transformation. Alors que le bois était traditionnellement stocké en surface, le charbon est stocké en caves sur 300 m² jusqu’en 1932. Les sous-stations CPCU y sont localisées. Le réseau s’y déploie.

- *Indicateurs*

Deux d’entre eux sont issus des DPE : les kWh^{EP}/m².an et les kg^{CO₂}/m².an. Le premier représente l’énergie consommée à l’année, au mètre carré, en énergie

primaire : c’est l’énergie réelle et physique consommée. Le second représente un impact CO₂ au mètre carré : il tient compte de l’émission carbonique de l’énergie utilisée.

- *Comparaison diachronique des consommations*

La consommation en Watt par mètre carré chauffé, donnée par le premier indicateur, montre que le Cnam au XIX^e siècle est dans le même ordre de grandeur que le Centre Georges Pompidou à son achèvement en 1977. Étant chauffé au bois et au charbon, son empreinte écologique est plus importante, si l’on part du principe, comme l’implique une seule prise en compte des émissions carbonées, que l’électricité alimentant le Centre Pompidou en 1977, en majeure partie d’origine nucléaire, est « propre ».

Bâtiment, période étudiée	kWh^{EP}/m².an (consommation en Watt, Énergie Primaire)	kg^{CO₂}/m².an (consommation en équivalent kg CO ₂)
Cnam, 1794-1840	593	222
Cnam, 1840-1853	899	337
Cnam, 1794-1840 <i>ramené à la surface utile</i>	122	46
Cnam, 1840-1853 <i>ramené à la surface utile</i>	165	62
Centre Pompidou, 1977-1997	1192	39
Centre Pompidou, 2000-2012	665	36
École Wattignies, 2012	291	46
École Wattignies, 2013	243	17

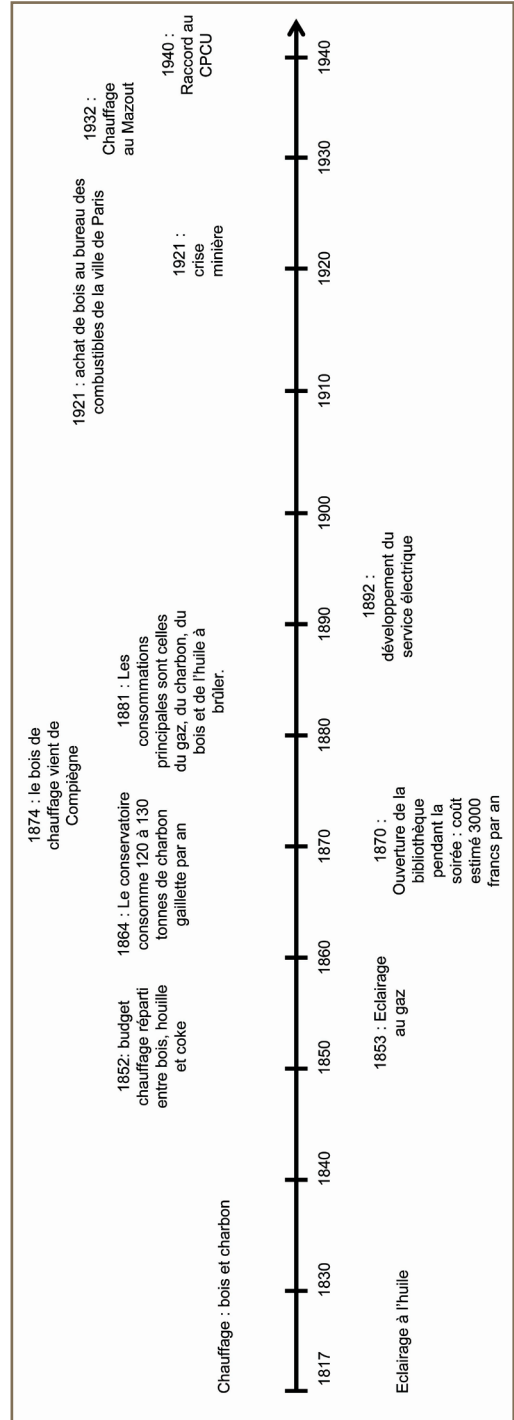
**Pour mémoire et comparaisons
entre bâtiments parisiens étudiés par HPCE et époques.**

Le manque d'efficacité quant à la surface chauffée est démontré par la comparaison «DPE surface réelle» et «DPE surface utile». Alors que la surface réelle chauffée amène à des consommations de 600 à 900 kWh^{EP}/m².an (= Pompidou 1977), une surface chauffée qui serait égale à la surface utile (si on avait chauffé tout le bâtiment), amènerait à des consommations de l'ordre de 120 à 160 kWh^{EP}/m².an, inférieures à un bâtiment modèle comme l'école Wattignies.

Donc, cette comparaison des «DPE surface chauffée» et «DPE surface utile» montre qu'à l'échelle du bâtiment, le XIX^e siècle consomme une énergie plutôt inférieure à celle que nous consommons actuellement. Par contre, il se limite aux parties essentielles: le facteur limitant est bien économique. On peut tenir le même type de comparaison pour les émissions: au mètre carré chauffé, l'empreinte CO2 du bâtiment est plus importante qu'un bâtiment actuel. En surface utile, elle est similaire, quand bien même la source d'énergie est le charbon.

Bilan de l'étude quantitative

En termes de types d'approvisionnements énergétiques et de systèmes, les ruptures sont nombreuses sur notre période. Rappelons la frise des innovations concernant l'énergie, datées :



L'innovation énergétique au Cnam, 1817-1940

Architecturalement, les conséquences sont un changement de fonctions de parties du bâtiment. Certaines parties comme les caves des extensions du XIX^e siècle sont en partie dédiées au stockage énergétique. Le bâtiment a même eu sa propre centrale de production, avec l'usine électrique construite en 1886 au rez-de-chaussée du bâtiment des textiles dont une cheminée de 26 m fut érigée dans la cour de l'administration (actuelle cour d'honneur).

La coupe montre que, malgré l'absence de variété actuelle après le foisonnement dix-neuviémiste, les sous-sols ont acquis et conservé le statut de lieu de l'approvisionnement énergétique, actuellement par les réseaux EDF et CPCU et de sa transformation via les sous-stations CPCU. Le point de vue économique que nous avons développé, conforte l'idée d'innovations « rentables » : le poids global de l'énergie n'augmente quasiment jamais du fait de l'innovation – exception faite de l'électricité qui est largement justifiée par d'autres intérêts. Par ailleurs, l'éclairage qui en budget compte pour presque la moitié, reste très faible en terme de poids énergétique en Watt par rapport au chauffage (environ 3 % du total). Par contre il est cher : presque la moitié du budget énergie.

À propos de l'évolution globale de la consommation énergétique, le XIX^e siècle chauffe donc moins de surface avec une quantité totale d'énergie primaire qui est inférieure à l'actuelle. En valeur totale pour le bâtiment on y consomme moins, s'autolimitant du fait du facteur bud-

gétaire. Au mètre carré réel chauffé on consomme plus qu'aujourd'hui. Nous avons donc démontré à l'aide d'arguments quantitatifs que le XIX^e siècle consacre le budget possible à l'énergie mais qu'en recherche d'efficacité, il se concentre sur les surfaces essentielles.

Pour résumer ces idées conclusives, nous pouvons estimer qu'il y a un poids global de l'énergie qui n'est pas dépassé : une borne haute en quelque sorte. Des améliorations constantes visent à libérer des marges budgétaires. De nouvelles technologies et modes de transformation permettent de chauffer davantage de surface avec le même budget, et une augmentation assez faible en termes de Watt mobilisés. Petit à petit, elles permettent l'accès au confort contemporain (chauffage de la quasi-totalité de la surface utile). À propos de cette borne, importante, nous pourrions la fixer d'après notre analyse au Cnam à entre 10 et 14 % du budget total entre 1817 et 1940. Les pics sont les années 1850 (10 %), 1870-1875 (10 %), vers 1900, les années 1917-1925 (9 %), puis la fin des années 1930 (14 % en 1940). Les efforts d'optimisation sont eux constants.

Conclusion

Grâce à cette enquête sur un bâtiment/flot urbain, compris par un biais nouveau et dans la longue durée, nous pouvons réfuter trois idées reçues :

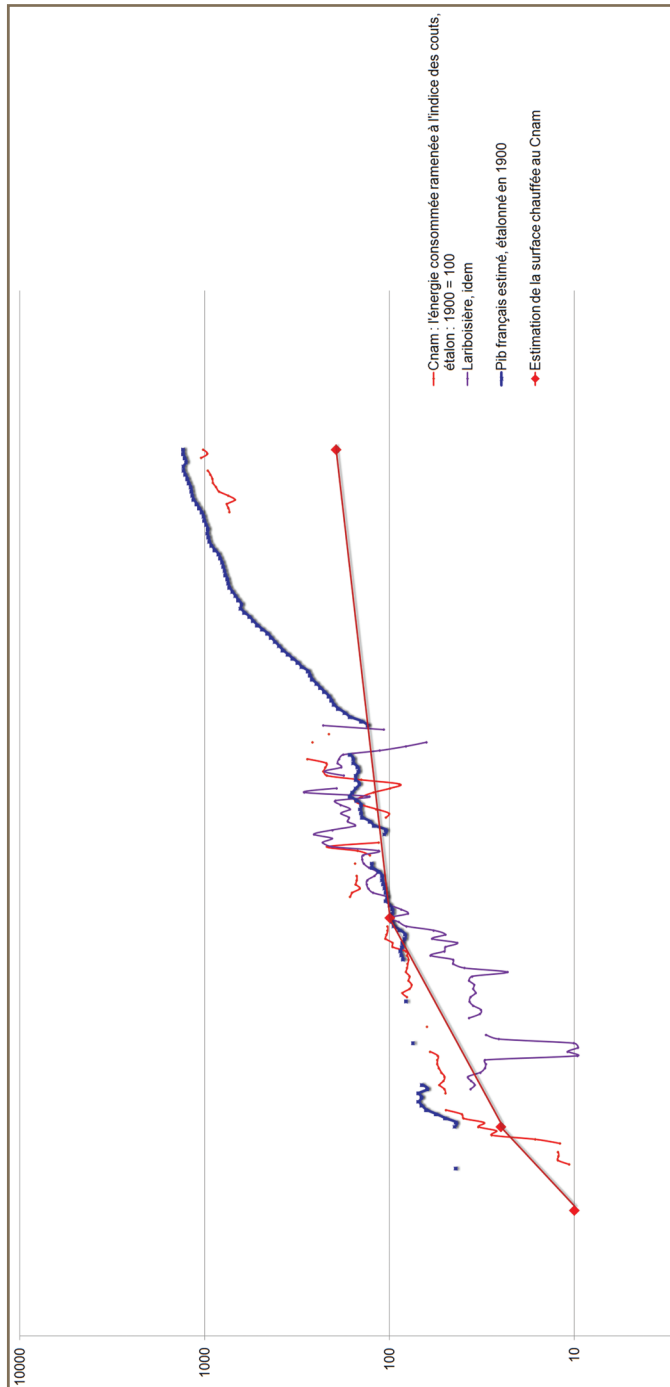
1. Le coût de l'énergie augmente régulièrement. Non, car s'il augmente de façon assez prévisible en valeur monétaire (même corrigée de son inflation), du fait de l'augmentation du confort et de la surface chauffée, il baisse en terme de poids budgétaire (qui est davantage gage de réalité économique, en tout cas pour les administrateurs) et ce depuis 1850 jusqu'à la première guerre mondiale (voir la courbe des dépenses énergétiques).

Le xx^e siècle se comporte différemment : les variations ont une origine plus conjoncturelle qu'architecturale et l'augmentation est constante au moins depuis 1950 (dans une dynamique similaire à celle de la richesse économique, ici représentée par le PIB). Le bâtiment est particulièrement sensible aux chocs économiques des deux guerres mondiales.

2. Il y a des révolutions techniques rapides au xix^e siècle. Non, il y a une adaptation permanente et l'innovation n'est ni brutale ni ne provoque de ruptures remarquables dans nos courbes. Nous observons en réalité un mix énergétique quasi permanent, basé sur le bois, le charbon, l'huile, le gaz puis l'électricité. Les périodes

de transition sont longues (plus de 70 ans pour le bois/charbon). Par contre, à partir de 1932, chauffage urbain et électricité de réseau prennent le monopole total conservé jusqu'à aujourd'hui.

3. L'histoire énergétique est nécessairement conjoncturelle et extérieure. Non, au xix^e siècle, les administrateurs s'emparent en permanence de la question et font valoir leur culture technique ainsi que les procédés et approvisionnements disponibles dans Paris pour faire évoluer leur bâtiment et leur modèle de gestion. Initiatives, innovations et remise en question y sont constantes.



Dynamique de la consommation énergétique, de la surface chauffée estimée, de l'économie générale, échelonnés en base 100 en 1900 (échelle logarithmique)

Bibliographie

Bergdoll, B. (1994). *Léon Vaudoyer: historicism in the age of industry*. New York: MIT Press.

Colombert, M. (2008). *Contribution à l'analyse du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse en Sciences de l'ingénieur soutenue à l'Université Paris-Est.

Damour, E. (1898). *Le chauffage industriel et les fours à gaz: utilisation de la chaleur et récupération*, Paris: Librairie Polytechnique Baudry, 1898.

Damour, E., Carnot, J., Rengade, E. (1912). *Les sources de l'énergie calorifique*. Paris: Librairie Polytechnique

Damour, E. (1920). «Les moyens d'accélérer le progrès dans l'économie de combustible». *Mémoires de la société des ingénieurs civils de France*, bulletin avril-mai, p. 283.

Eunhye K. (2013). *Les transitions énergétiques urbaines du XIX^e au XX^e siècle: de la biomasse aux combustibles fossiles et fissiles à Paris (France)*. Thèse, Université Panthéon Sorbonne.

Gallo, E. (2006). *Modernité technique et valeur d'usage: le chauffage des bâtiments d'habitation en France*. Thèse en histoire de l'art, Université Paris I.

Gallo, E. (dir.), HPCE (équipe) (2013). *Rapport final de recherche: Des profondeurs des caves à la canopée, histoire et prospective énergétiques d'une capitale économe. Paris, 1770-2050*. Ministère de la culture et de la communication, Paris.

Guillaume, A. (1992). «Chaleur et confort, L'introduction du confort à Paris sous la restauration». *History of Technology*, Mansell, London, pp. 16-53.

Hottin, C. (2004). «La maison des abeilles. Architecture et décors de l'École Centrale des Arts et Manufactures». In Belhoste, J.-F. (dir.), *Le Paris des Centraliens*. Paris: AAVP, p. 43-48.

Kim, E. (2013), *Les transitions énergétiques urbaines du XIX^e au XX^e siècle: de la biomasse aux combustibles fossiles et fissiles à Paris (France)*. Thèse en géographie, Université Paris I Panthéon Sorbonne.

Morin, A. (1863). *Mécanique pratique, des machines à vapeur*. Hachette, Paris.

Morin, A. (1864-65). *Chauffage et ventilation des amphithéâtres du conservatoire des arts et métiers*. Paris: ACIAM.

Wannous, S. (2013). *Les économies d'énergie provoquées par la crise pétrolière de 1974 dans les bâtiments publics franciliens*. Thèse en histoire des techniques, Conservatoire National des Arts et Métiers.

Cahiers d'histoire du Cnam

L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam,

coordonné par Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau

Dossier : L'enseignement de la chimie industrielle et du génie chimique au Cnam

Gérard Emptoz et Virginie Fonteneau – Introduction au dossier « *Les liens entre chimie et industrie au cœur des enseignements de chimie au Cnam* »

Jacques Breysse – « *Du "Chemical Engineering" au "génie des procédés" (1888-1990). Émergence en France d'une science pour l'ingénieur en chimie* »

Gérard Emptoz – « *La carrière d'André Étienne, Professeur de chimie industrielle (1955-1980) au Cnam* »

Josette Fournier – « *Henri Wahl (1909-2001), Directeur de l'ENSIC de Nancy (1956-1961), puis Professeur de chimie générale dans ses rapports à l'industrie au Cnam (1961-1978)* »

Alain Delacroix et Catherine Porte – « *L'évolution de la chaire de chimie industrielle de 1935 à 2012* »

Varia

Mathieu Fernandez et Linnéa Rollenhagen Tilly – « *Le Cnam : terrain de recherches énergétiques* »

● **vol. 2**
2014 / Second semestre
(nouvelle série)