



HAL
open science

BONNEMAY Maurice (1914-1992), Chaire d'Électrochimie du Cnam (1958-1980)

Pierre Teissier

► **To cite this version:**

Pierre Teissier. BONNEMAY Maurice (1914-1992), Chaire d'Électrochimie du Cnam (1958-1980). Cahiers d'histoire du Cnam, 2015, Professeurs au Cnam à l'époque des Trente Glorieuses, vol.04 (2), pp. 41-55. hal-03790121

HAL Id: hal-03790121

<https://hal.science/hal-03790121>

Submitted on 28 Sep 2022

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

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

BONNEMAY Maurice (1914-1992)

Chaire d'Électrochimie du Cnam (1958-1980)

Pierre Teissier

Maître de conférences de l'université de Nantes,

Centre François Viète d'épistémologie, d'histoire des sciences et des techniques.

Maurice, Gabriel, Ernest Bonnemay naît au Raincy, en Seine et Oise, le 31 décembre 1914, la veille d'un nouvel an de guerre¹. Il a les yeux bruns et les cheveux noirs. Sa mère Fanny, née Martin, et son père Maurice, né Bonnemay, habitent à Villemomble. C'est dans l'Est parisien que l'enfant grandit jusqu'à atteindre un mètre soixante-huit. Il entre au lycée, passe le baccalauréat au début des années 1930, puis s'inscrit à l'université de Paris. Boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, il obtient une licence ès sciences en juin 1939. Le sursis militaire dû à son statut étudiant est levé en septembre 1939 après la déclaration de guerre de la France à l'Allemagne. Mobilisé, il rejoint l'École d'application d'artillerie de Fontainebleau durant la « drôle

de guerre ». C'est comme aspirant d'artillerie qu'il participe à la « bataille de France » en mai-juin 1940. Démobilisé après la défaite française, il retourne à l'université et entreprend une thèse de doctorat sous la direction de l'un de ses chargés de cours, René Audubert (1892-1957). Audubert est alors un physico-chimiste reconnu en France. Cet « *esprit élégant et sûr, brillant même* » dirige deux laboratoires de chimie physique à Paris, le premier rattaché à l'École pratique des hautes études, situé à l'université de Paris, le second rattaché à l'Institut de chimie de Paris².

¹ Ce paragraphe est basé sur le dossier personnel de M. Bonnemay aux archives du Cnam. Je tiens à remercier Lise Cloitre pour son accueil et son aide généreuse aux archives du Cnam.

² Pour plus de détails biographiques, voir la notice de « Audubert, René (1892-1957) » par S. Provost, in Grelon et Fontanon, 1994, pp. 132-138. Il est étonnant que Bonnemay ne soit pas mentionné une seule fois dans cette biographie malgré le rôle qu'il joue auprès d'Audubert.

Formation à l'école physico-chimique de Maître Audubert

Années d'Occupation, années de formation en physico-chimie

Audubert a lancé, dans les années 1930, un programme de recherche en « photochimie », étudiant l'effet de la lumière sur les réactions chimiques, dans son laboratoire de l'université. Poursuivant ces travaux durant l'Occupation, il place Bonnemay sur ce thème puis le fait embaucher comme assistant-temporaire à l'automne 1940. Ce salaire régulier permet à Bonnemay d'épouser en 1941 une étudiante en chimie, Andrée Couture (1918-2009), avec qui il aura cinq enfants en douze ans. Andrée met ses ambitions scientifiques entre parenthèses pour se consacrer à la vie de famille³. Son mari quant à lui poursuit ses recherches photochimiques sur l'acide azothydrique et ses sels. La thèse est défendue en mai 1943 devant deux professeurs de la Sorbonne, un physicien, Eugène Darmois (1884-1958), et un chimiste, Paul Laffitte (1898-1981), et le directeur de thèse, Audubert. À mi-chemin entre physique et chimie, elle porte sur l'étude cinétique de la photolyse des azotures alcalins, qui n'était connue qu'à l'équilibre thermodyna-

³ Alors qu'elle a déjà quatre enfants, Andrée Bonnemay publiera en 1950 un article de chimie théorique intitulé « Calcul des indices de liaison et des indices de valence libre des $\alpha\alpha$ et $\beta\beta$ dinaphtyles », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. 231 (1950), p. 1147, présenté par Louis de Broglie à la séance du 6 novembre 1950.

mique, et propose un mécanisme réactionnel rendant compte des phénomènes expérimentaux. Elle lui permet d'être nommé attaché de recherches au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) puis chargé de recherches en 1944. C'est alors que, sous l'influence de son mentor, Bonnemay passe de la photochimie à l'électrochimie.

L'introduction de l'électrochimie dans l'enseignement supérieur français

L'électrochimie s'est développée au XIX^e siècle à partir de la fabrication des piles ou batteries voltaïques. Champ de recherche entre physique et chimie, elle forme aussi un domaine industriel sans pour autant devenir une discipline autonome. S'il existe aux États-Unis une puissante Electrochemical Society fondée en 1902, il n'existe pas d'équivalent en France au début du XX^e siècle (Trumbore et Turner, 2002)⁴. Audubert parie sur cette niche disciplinaire dans les années 1930. Avec le soutien de Georges Urbain (1872-1938) et de Jean Perrin (1870-1942), il milite pour une chaire d'Électrochimie à l'université de Paris, en vain⁵. Au Conservatoire national des arts et métiers (Cnam), où il est chef de travaux, il parvient à établir une série de vingt conférences d'électrochimie

⁴ Par la suite non plus, la Société chimique de France ne créera pas de division spécifique en électrochimie.

⁵ Provost, 1994, *op. cit.*, p. 133.

en 1938-39⁶. Une dotation du Comité d'organisation des industries chimiques de Vichy institutionnalise ces conférences sous la forme d'un cours annuel, à partir de 1942, qui touche des « cadres subalternes » venus se former au Cnam⁷. Audubert reporte alors ses efforts sur la recherche. Peu après la Libération, il transforme son laboratoire universitaire en un Laboratoire d'électrochimie avec le soutien du CNRS⁸. Cette stratégie lui permet d'être nommé chargé de cours d'électrochimie à l'université de Paris en 1946. C'est un succès académique dans la mesure où ce champ ne compte qu'une trentaine de chercheurs et enseignants-chercheurs en France à la fin de la décennie 1940⁹. Seul le laboratoire de Jean-Lucien Andrieux (1887-?) à l'Institut d'électrochimie et d'électrometallurgie de Grenoble est comparable, par sa taille, au groupe Audubert.

⁶ [Arrêté signé par le directeur du Cnam, 5 décembre 1938, suite au Conseil de perfectionnement du 28 mars 1938, validé par le Conseil d'administration du 31 mars 1938, « dossier personnel » de R. Audubert – Archives Cnam.]

⁷ Décret du 16 mars 1943 instituant le cours d'électrochimie au Cnam, Journal officiel, 20 mars 1943. La somme allouée par le gouvernement est de vingt-cinq mille francs [Lettre du directeur du Cnam au contrôleur financier du Cnam, 19 décembre 1942, « dossier électrochimie industrielle, 1943-1987 » – Archives Cnam.]

⁸ Quatre postes techniques sont financés pour le laboratoire Audubert [CNRS, *Annuaire du Centre national de la recherche scientifique*, 1949, pp. 49-83 – Archives du CNRS, 990001, art. 64]. Je tiens à remercier Marie-Laure Bachellerie et son équipe pour leur accueil et leur aide aux archives CNRS.

⁹ 27 personnes sont répertoriées par le *Bulletin du CNRS* [Série A, n° 1 et n° 2, 1949 – Archives CNRS].

Ce dernier choisit Bonnemay comme directeur-adjoint du laboratoire plutôt que sa fidèle collaboratrice depuis vingt-cinq ans : Marguerite Quintin (1895-?). Sans publication en électrochimie, le jeune trentenaire relève le défi. Suivant les conseils de son mentor, il étudie les phénomènes d'interface liquide/solide à l'intérieur des batteries électrochimiques. Une batterie est composée de deux pôles métalliques, ou électrodes, l'une positive (cathode), l'autre négative (anode), séparées par une solution liquide contenant des ions, l'électrolyte. La production d'électricité, qui résulte d'une réaction à chaque électrode faisant intervenir les ions en solution, induit des différences de tension entre l'électrolyte et l'électrode : surtensions, potentiels d'électrode et potentiels de jonction. En cinq ans seulement, de 1945 à 1949, Bonnemay publie, seul ou avec Audubert et ses autres disciples, dix articles dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et six dans le *Journal de chimie physique*. Comme en photochimie, la méthode consiste à confronter les mesures expérimentales (conductivité et potentiel) aux modèles théoriques. L'objectif principal est de confirmer « l'équation d'Audubert liant la densité de courant à la surtension d'une électrode »¹⁰. Les résultats de Bonnemay mettent en évidence, outre le rôle de l'ion solvaté dans l'électrolyte, l'importance de la structure de l'électrode¹¹. Ceci lui vaut de recevoir le prix d'électrochimie de la Société chimique de France en 1950. La même année, il passe maître de recherches au CNRS.

¹⁰ Bonnemay, 1946, T. 222, pp. 61-63

¹¹ *Ibid.*, T. 223, pp. 76-78.

L'électrochimie au CNRS, entre savoirs et applications

Alors que l'électrochimie pénètre lentement l'université, elle trouve un espace au CNRS. Un premier campus CNRS, établi à Meudon-Bellevue, au sud-ouest de Paris, accueille des laboratoires et des chercheurs jugés trop hétérodoxes pour le conservatisme de la Sorbonne (Bensaude-Vincent et Claro Gomes, 2002). Audubert y a fondé le Laboratoire d'électrolyse avant-guerre. L'électrolyse est un procédé utilisant la force électrique d'un générateur afin de dissocier des composés chimiques en solution dans un électrolyte. Audubert, maître des choix scientifiques, oriente le Laboratoire vers les phénomènes cinétiques et d'oxydoréduction. À nouveau, Bonnemay est nommé sous-directeur pour gérer l'intendance, le personnel et les locaux¹². Ceci le conduit à diriger une quinzaine d'étudiants entre 1950 et 1957, soit en diplôme d'études supérieures du Cnam, soit en thèse d'université.

Le Laboratoire d'électrolyse profite de la croissance rapide du CNRS et, fin 1957, une vingtaine de personnes y travaillent. Les uns étudient les mécanismes de l'électrolyse, les autres développent des techniques d'analyse. Cette orientation duale, fondamentale et appliquée, recouvre une activité foisonnante, peu structurée, brassant une douzaine de

thèmes, qui se font et se défont en fonction des opportunités du moment¹³. On y étudie des « systèmes électrochimiques » réversibles (courbes de polarisation), irréversibles (polarographie à courant constant) ou organiques (substitution). À ces études de systèmes entiers, répondent des recherches focalisées sur l'interface solide/liquide. D'un côté, la connaissance de l'électrode renseigne sur les techniques de dépôts métalliques, pour obtenir des revêtements brillants ou durs, et sur les processus catalytiques, pour optimiser les réactions. De l'autre côté, la connaissance de l'électrolyte renseigne sur la conductibilité et la composition des solutions liquides. Au cours des années 1950, la thèse de Jean Royon (1928-1984) permet l'implantation au Laboratoire du marquage radioactif. Cette technique est efficace pour étudier les cinétiques de diffusion à l'interface et la structure des électrodes (Royon, 1959). Le service d'application des radio-éléments à l'électrochimie de Royon représente bientôt un quart du Laboratoire¹⁴.

L'objectif cognitif se double d'intérêts appliqués. Tout au long de leur carrière, Audubert et, à sa suite, Bonnemay, déposent de nombreux brevets : un à deux par an en moyenne en leur nom propre¹⁵.

¹² M. Bonnemay, *Titre et travaux scientifiques manuscrits* (1957) [« Dossier électrochimie 1958 » – Archives Cnam].

¹³ CNRS, *Rapport d'activité générale du CNRS*, 1953-54, pp. 26-27 ; 1956-1957 [Archives CNRS].

¹⁴ J. Royon, *Titres et travaux scientifiques*, janvier 1978, p. 5 [Archives Cnam].

¹⁵ Une recherche sur *Espacenet Patent* (déc. 2012) donne 71 brevets pour Audubert entre 1921 et 1958 (dates de publication) et 42 brevets pour Bonnemay entre 1952 et 1980.

Ni l'université, ni le CNRS, ni le Cnam n'y sont associés. Trois domaines d'application sont principalement développés : l'électrophorèse, l'électrometallurgie et l'électrodéposition. L'électrophorèse, qui permet la séparation de grosses molécules chargées en solution et la purification de sérums biologiques, a de fortes implications médicales. Ceci conduit le CNRS à établir, sous la direction d'Audubert, le Centre d'électrophorèse de Bellevue en 1946 pour délivrer des prestations aux laboratoires français¹⁶. Le deuxième domaine appliqué concerne l'électrometallurgie de l'uranium et la synthèse électrochimique de cristaux inorganiques sous contrat avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui met alors en œuvre le programme nucléaire français. Le troisième domaine porte sur le dépôt électrolytique de métaux, en particulier le chrome. Le chrome étant un métal dur, son dépôt forme des couches de surface résistantes qui protègent de l'usure mécanique des métaux légers, comme l'aluminium, sans alourdir la structure. Audubert et Bonnemay mettent au point un ingénieux procédé électrochimique de chromage direct de l'aluminium. Ils obtiennent un droit d'invention pour la France en 1954, qu'ils étendent aux pays limitrophes¹⁷. L'invention se fait

innovation quand l'industrie des motocyclettes et mobylettes s'en empare pour la fabrication de cylindres de moteur légers et durs. Une licence lucrative est vendue au constructeur français Motobécane¹⁸. L'industrialisation du procédé, que Bonnemay supervise, produit près de deux mille cylindres par jour en 1957¹⁹.

L'interaction entre recherches fondamentales et appliquées sur le chromage conduit à la réussite industrielle d'Audubert et Bonnemay au milieu des années 1950. Ce succès économique coïncide avec la reconnaissance disciplinaire de l'électrochimie : Audubert obtient les chaires nouvellement créées à la Sorbonne en 1953 et au Cnam en 1956, avec une autorisation de cumul²⁰. C'est au faîte de la gloire que le maître tombe malade et décède après plusieurs mois de souffrance, le 18 août 1957. Mandarin de la chimie physique française, Audubert laisse à ses disciplines un riche héritage institutionnel (université, CNRS et Cnam), scientifique (électrolyse, électrophorèse et électrodéposition) et méthodologique aux interfaces entre théories et expériences, physique et chimie, savoir et invention.

n° 1.074.810, demandé le 24 janvier 1953 à Paris, délivré le 7 avril 1954.

16 Arrêté du directoire du CNRS, 26 juin 1946, Copie 1410/a, Art. 850001 Labos. On trouve aussi une collaboration avec l'Hôpital Aziza-Othmana de Tunis en 1961, *Rapport d'activité générale du CNRS*, 1961-1962, pp. 199-200 [Archives CNRS].

17 R. Audubert et M. Bonnemay, « Procédé de chromage électrolytique direct de l'aluminium et ses alliages », Brevet d'invention, République française,

18 Jean-Claude Catonné, *Entretien avec P. Teissier*, 2012 [Archives personnelles].

19 M. Bonnemay, *Titres et travaux scientifiques* (1957) [« Dossier électrochimie 1958 » – Archives Cnam].

20 Lettre de la Direction de l'enseignement technique du ministère de l'Éducation nationale, 13 février 1957, « Décision portant autorisation de cumul de fonctions publiques » [« Dossier R. Audubert » – Archives Cnam].

Transmission et transformation de l'héritage électrochimique

Affaires de succession et division de territoires

Trois semaines après la disparition du maître, son disciple rencontre le directeur du Cnam, Louis Ragey (1895-1970), pour l'« *entretenir de certaines questions, assez urgentes, soulevées par son décès* »²¹. Il propose d'assurer gratuitement la suppléance du cours d'électrochimie pour l'année qui commence. Après avis du Conseil de perfectionnement du Cnam, Ragey lui donne satisfaction « *dans l'intérêt des élèves* » mais ne promet rien pour la suite²². Le jeu de Bonnemay est habile car, en janvier 1958, il se trouve seul candidat à la succession de la chaire. Sa nomination est validée par le Conseil d'administration du Cnam puis, conformément aux statuts du Conservatoire, par l'Académie des sciences, et enfin publiée au Journal officiel du 11 juillet 1958. De même, il obtient du CNRS la direction du Laboratoire d'électrolyse et du Centre d'électrophorèse de Bellevue. S'il se fait reconnaître au Cnam et au CNRS comme le principal héritier d'Audubert, il ne brigue pas la chaire d'Électrochimie de l'université de Paris, que reprend Quintin (1957-1966). Il trouve sans doute

²¹ Lettre de M. Bonnemay au directeur du Cnam, 5 sept. 1957 [« Dossier M. Bonnemay » – Archives Cnam].

²² Séances du 7 octobre et du 2 décembre 1957, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1957 [Archives Cnam].

plus séduisante la tradition d'ingénierie et d'innovation des « *hommes de métier* » du Cnam²³ que l'académisme de la Sorbonne.

Un professeur du Cnam dilettante et dynamique

Suite à l'audition de Bonnemay à la chaire du Cnam, Ragey défend les « *qualités pédagogiques* » du candidat. Il mentionne trois points forts : sa voix, qui porte bien, sa diction lente et claire, et son écriture au tableau noir. La maladresse de l'éloge attire l'attention sur la fragilité de l'enseignement de Bonnemay. Pourtant, celui-ci a déjà une solide expérience dans l'enseignement technique, qui lui a valu l'inscription sur les listes d'aptitude à la maîtrise de conférences. Il a aussi assuré un cours de troisième cycle à la faculté des sciences de Paris sur les phénomènes électrochimiques irréversibles puis la suppléance de son maître lors de sa maladie²⁴. Ses activités d'enseignement lui valent d'ailleurs les Palmes académiques en 1957.

Lorsque Bonnemay accède à la chaire du Cnam, le cours magistral est réservé aux auditeurs de niveau intermédiaire (B). La première année (B1), une série de quarante leçons est consacrée aux principes classiques de l'électrochimie des solutions. Une partie plus spécialisée,

²³ Expression de Ragey, citée par Fontanon et Grelon (1994), *op. cit.*, p. 56.

²⁴ M. Bonnemay, *Curriculum Vitae* de « candidat à la chaire d'Électrochimie », 1957 [Archives Cnam].

liée aux recherches de Bellevue, traite d'électrophorèse et de colloïdes. L'année suivante (B2), l'accent est mis sur les applications pratiques, à travers un ensemble disparate de méthodes d'analyse, de pratiques industrielles (électrophorèse, galvanoplastie, électrodéposition, corrosion) et de générateurs particuliers. Pour l'organisation générale du cours et l'enchaînement des leçons, Bonnemay copie scrupuleusement Audubert²⁵. Mais, préparant peu ses leçons, elles manquent de clarté. Fantaisiste, le professeur est difficile à suivre lors de son exposé qui n'a rien de magistral²⁶. Il n'hésite d'ailleurs pas à céder sa chaire en invitant deux professeurs américains : Paul Delahay, de Louisiana State University, en cinétique électrochimique (1961-1962), puis Joseph Jordan, de Pennsylvania State University, en analyse électrochimique (1968-1969)²⁷. Malgré l'insuffisance pédagogique de Bonnemay, un nombre important d'auditeurs assiste au cours : environ 250 inscrits en moyenne sur les douze premières années de la chaire (1957-1969), dont environ 200 présents. Un tiers environ des inscrits obtiennent leur examen. En parallèle, certains auditeurs suivent des travaux pratiques (TP), organisés par le chef de travaux, Coriolan Calmar, dans les locaux exigus du Quartier latin, rue Gay-Lussac. Au début des années 1960, Ragey fait rapatrier les TP

vers des salles plus spacieuses au Conservatoire, rue Saint-Martin²⁸. Bonnemay les confie alors à Royon, son excellent bras droit devenu maître-assistant au Cnam. De quarante pour cent en 1964, le taux d'inscrits aux TP croît jusqu'à soixante pour cent en 1980. Il est alors plus judicieux pour les auditeurs de profiter des enseignements de Royon à la paillasse que de Bonnemay en amphithéâtre. Pour les auditeurs de niveau supérieur (C), équivalent à un diplôme d'ingénieur du Cnam, leur nombre croît durant l'ère Bonnemay. Si ce diplôme existe depuis 1922, Audubert ne décerne le premier en électrochimie qu'en 1949, à Pierre Roman. Il délivre par la suite un ingénieur par an environ. Les choses changent lorsque la chaire est créée en 1957 puisque Bonnemay délivre une dizaine d'ingénieurs par an pendant vingt ans, ce qui correspond à cinq pour cent du total des ingénieurs Cnam sur la même période²⁹. Ce diplôme d'électrochimie est reconnu en France puisqu'en 1980, après une décennie de crise économique en Europe, aucun des deux cent trente ingénieurs électrochimistes Cnam formés n'est, semble-t-il, au chômage.

²⁵ « Registres de cours », comparaison des années 1955-56 (Audubert) et 1957-58 (Bonnemay) [Archives Cnam].

²⁶ Catonné, Entretien, *op. cit.*, 2012.

²⁷ Séance du lundi 6 mars 1961, Procès verbaux des Conseils de perfectionnement (Cnam, 1961), p. 33 [« Dossier chaire d'Électrochimie » – Archives Cnam].

²⁸ J.-C. Catonné, « Exposé : la situation de l'enseignement de l'électrochimie industrielle au Conservatoire national des arts et métiers », 20 fév. 1980, Séance du 4 mars 1980, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1980 [Archives Cnam].

²⁹ Selon Bonnemay, un mémoire d'ingénieur électrochimiste du Cnam est comparable à une thèse de troisième cycle et un ingénieur Cnam à un niveau équivalent à celui d'un *master of science* de Pennsylvania State University. M. Bonnemay, « Exposé », 20 fév. 1980. Séance du 4 mars 1980, *Procès verbaux du Conseil de perfectionnement*, 1980 [Archives Cnam].

La vie de la chaire d'Électrochimie est affectée par une suite de réorganisations du Cnam sur la période 1965-1969. En 1965, les chaires sont regroupées en départements. Bonnemay choisit de rejoindre le département de chimie-biologie plutôt que celui d'énergétique. L'année suivante, la création des Instituts universitaires de technologie (IUT) induit une réforme des études du Cnam. Un niveau d'étude initial (A) est établi en 1967, équivalent au diplôme universitaire de technologie (DUT) des IUT. D'autre part, un système de « valeurs » sur le modèle anglo-saxon est établi afin que chaque auditeur puisse construire un parcours pédagogique personnalisé³⁰. Mai 1968 n'ébranle pas le Cnam, dont les étudiants, plus âgés qu'à l'université, aspirent à une promotion sociale par les cours du soir. Pourtant, il induit des évolutions institutionnelles. Alors que les professeurs font corps avec la direction du Cnam, les conseils s'ouvrent aux autres catégories professionnelles : sous-directeurs, chefs de travaux, assistants et étudiants participent désormais « à la vie de la Maison »³¹. Ainsi, Royon est élu au Conseil de perfectionnement dès juin 1968. L'année suivante, un étudiant par département y siège aussi³². Bonnemay, quant à lui, se méfie des « comités de liaison » étudiants parce qu'ils poli-

tisent « des étudiants non engagés »³³. Cette période de réformes coïncide avec une baisse progressive des auditeurs du niveau intermédiaire (B). En électrochimie, la baisse, amorcée en 1965, se poursuit jusqu'à la fin des années 1970 pour se stabiliser autour d'une centaine d'inscrits³⁴. Selon Bonnemay, la baisse s'explique par la prise de conscience des auditeurs que, « du fait de l'âge des cadres et des regroupements industriels, il deviendrait plus difficile de valoriser les diplômes obtenus en chimie grâce aux études Cnam »³⁵.

Bonnemay demande aussi à Royon d'établir un Laboratoire d'électrochimie appliquée au début des années 1960. Cette articulation entre enseignement et recherche permet un recrutement d'ingénieurs électrochimistes du Cnam : Anna Kouba en 1966, Jean-Claude Catonné en 1971 et Marie-Thérèse Descarsin en 1972. Le Laboratoire honore une trentaine de contrats industriels pendant vingt ans (1961-1980), ce qui représente deux tiers de son budget hors salaire³⁶. Les contractants sont soit de grands groupes d'État de

³⁰ Séance du 28 novembre 1967, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1967, pp. 240-249 [Archives Cnam].

³¹ Séance du 28 mai 1968, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1968, p. 105 [Archives Cnam].

³² Séance du 13 mai 1969, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1969 [Archives Cnam].

³³ Séance du 15 octobre 1968, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1968, p. 139 [Archives Cnam].

³⁴ La stabilisation pourrait s'expliquer par la mise en place d'une formation continue financée par les industriels au milieu des années 1970 (Fontanon et Grelon, 1994, *op. cit.*, p. 57).

³⁵ M. Bonnemay, « Exposé », 20 fév. 1980. Séance du 4 mars 1980, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement*, 1980 [Archives Cnam].

³⁶ J. Royon, *Titres et travaux scientifiques* (1978), pp. 22-24 [Archives Cnam].

l'énergie, du nucléaire et de l'armement, soit de petites et moyennes entreprises. Bonnemay et ses collaborateurs sont ainsi parvenus à rendre la chaire dynamique et attractive au cours des décennies 1960 et 1970 en associant la formation hors-temps-ouvrable des auditeurs avec la recherche appliquée sur contrats industriels. Les moyens et le rayonnement de la recherche au Cnam restent néanmoins loin derrière ceux du Laboratoire d'électrolyse du CNRS.

Les recherches des années 1960 sur les piles à combustible

Bonnemay habite avec sa famille à Boulogne-sur-Seine, à mi-chemin entre le Conservatoire et Meudon. Ainsi, il dirige ses deux laboratoires, en opérant une division du travail : électrochimie appliquée au Cnam, fondamentale au CNRS. Il choisit, comme directeur-adjoint du Laboratoire d'électrolyse, Serge de Mende, ingénieur en électrophorèse formé par Audubert, puis après son décès en 1961, Eugène Levart. Comme chez Audubert, la recherche est organisée par petits groupes thématiques (double couche, électrodes monocristallines, microcalorimétrie, etc.), sous la responsabilité d'un maître ou d'un chargé de recherches du cru³⁷. Le Laboratoire est reconnu internationalement pour l'étude cinétique et thermodynamique de l'élec-

trolyte et de l'électrode, c'est-à-dire des phénomènes d'interface liquide/solide³⁸. Il fait partie du Comité international de thermodynamique et de cinétique électrochimique (CITCE), animé par Marcel Pourbaix (1904-1998), ami de Bonnemay.

C'est alors que la guerre froide s'invite à Bellevue. Suite à la mise en orbite du satellite Spoutnik en 1957, l'Union soviétique et les États-Unis s'affrontent dans la course à l'espace. La National Aeronautics and Space Administration (NASA) lance un ambitieux programme de vols spatiaux qui pose la question de l'approvisionnement électrique des missions. Dans un milieu privé d'air, les générateurs électrochimiques sont de bons candidats. Les « piles à combustible » en particulier génèrent de l'électricité à partir de réactifs gazeux, hydrogène et oxygène, et produisent de l'eau comme produit de la réaction, ce qui intéresse les vols habités (Perry et Fuller, 2002). Alors qu'aux États-Unis la NASA dépense des centaines de millions de dollars pour faire des piles à combustible existantes des systèmes fiables, en France, la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DGRST) coordonne un programme national³⁹. L'action concertée de la DGRST « conversion des énergies » reçoit l'appui des militaires de la Direction générale des moyens et

³⁷ Rapport d'activité, 608/1E/68, 1968, 3 pages dactylographiées [Art. 850001 Labos – Archives du CNRS].

³⁸ « Procès-verbal du Comité de direction du 14 décembre 1965 », signé Marcel Prettre (prés.), 22 janv. 1966 [Art. 850001 Labos – Archives du CNRS].

³⁹ Placée sous l'autorité du Premier ministre, Michel Debré, la DGRST a été créée en 1958 pour renforcer les liens entre universités et industries (Duclert, 2004).

essais (DRME). En 1961, elle établit une Commission piles à combustible, dont Bonnemay devient président. Celui-ci a rapidement monté un groupe sur le thème autour de Guy Bronoël, ingénieur CNRS spécialiste des structures d'électrodes (Bronoël, 1961). Le groupe Bronoël obtient, de la commission DGRST, la responsabilité de l'étude cinétique des piles à combustible et les financements correspondants. En croissance rapide, le groupe représente bientôt quarante pour cent du Laboratoire. Bonnemay, élu au comité national du CNRS de la section chimie physique, fait établir en 1963 une recherche coopérative sur programme (RCP) piles à combustible sur le modèle de la DGRST. Il en prend aussi la direction⁴⁰. Ces responsabilités administratives lui valent d'être fait officier des Palmes académiques et Chevalier de la Légion d'honneur en 1964.

Bonnemay devient l'un des experts français des piles à combustible et participe régulièrement à des missions scientifiques et diplomatiques à l'Est comme à l'Ouest au cours des années 1960. En février 1965, il organise un Symposium sur les piles à combustible à Bellevue en présence du ministre de la Recherche, Gaston Palewski (1901-1984). Bellevue figure parmi les meilleurs laboratoires au monde sur les piles à combustible, le premier en Europe, à égalité avec celui d'Alexandre Froumkin (1895-1976) à Moscou (Gross, 2006). Froumkin est ré-

gulièrement invité à Bellevue. Au cours des années 1970, Bonnemay noue de nombreux contacts industriels en France et en Amérique du Nord. À l'occasion, il encourage ses disciples à utiliser leur savoir-faire pour se faire entrepreneur. Ainsi, le docteur-ingénieur Cnam, Denis Doniat, lance avec succès le bureau d'études Sorapec. Et quand Bonnemay se trouve juge et partie dans des affaires de secret industriel, il sait ne pas s'en offusquer⁴¹. Ces interactions entre science, technologie et économie se nourrissent de l'expertise des laboratoires du Cnam et de Bellevue et, en retour, favorisent leur notoriété nationale et internationale.

Le crépuscule des dynasties scientifiques dans un monde en crise

La mode des piles à combustible correspond à la période de plus forte croissance du CNRS durant les Trente Glorieuses. Entre 1957 et 1970, alors que la taille du CNRS triple (Picard, 1990, p. 242), celle du Laboratoire d'électrolyse quadruple pour atteindre soixante-quatorze personnes. Plusieurs facteurs sous-tendent un tel dynamisme : une politique du CNRS favorable aux laboratoires propres ; des contrats de recherche appliquée (DGRST, DRME), qui représentent un tiers du budget hors salaire ; des succès commerciaux comme le procédé de chromage ; l'entregent de Bonnemay dans les

⁴⁰ CNRS, *Rapport d'activité du CNRS*, oct. 1963 – oct. 1964.

⁴¹ Catonné, Entretien, *op. cit.*, 2012.

milieux savants et industriels. Dans le même temps, le CNRS choisit une gestion plus collégiale de ses laboratoires, là où le pouvoir du directeur était discrétionnaire, en introduisant des conseils de laboratoire ouverts aux différents corps de la recherche et des comités de direction où siègent des personnalités extérieures.

Collégialités et crises de pouvoirs au CNRS

En 1965 se tient le premier comité de direction du Laboratoire en présence du directeur-adjoint du CNRS, Fernand Gallais (1908-2002)⁴². Plusieurs problèmes sont abordés : l'excès de groupes et de contractuels, le manque de locaux, le sous-emploi des docteurs comme techniciens. Ils seront résolus durant la décennie 1965-1975. Ainsi, les contractuels sont progressivement intégrés au CNRS et les docteurs revalorisés. Le comité prend aussi la main sur une gestion jugée trop laxiste. Le Laboratoire est ainsi réorganisé en 1975 suivant quatre axes seulement : interfaces électrode/électrolyte (J. Clavilier et A. Hamelin), interaction lumière/interface (M. Costa), interphase semi-conducteur/électrolyte (Levart et A.-M. Baticle) et énergétique (Bronoël). Malgré de bons résultats scientifiques et de nombreuses collaborations, le rapport de forces penche en faveur du pouvoir

extérieur, orchestré par le CNRS, au détriment du pouvoir local, dominé par le directeur. Le comité infléchit la stratégie de publication du Laboratoire au cours des années 1970 en bannissant les articles redondants et en augmentant la contribution aux revues anglophones au détriment des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. C'est dans ce contexte de remise en cause des pouvoirs locaux et de valorisation du monde anglo-saxon contre la francophonie et le monde soviétique que Bonnemay annonce en 1975 son retrait prochain de la direction du Laboratoire d'électrolyse, officiellement pour se consacrer au Cnam. La direction revient en 1977 à un électrochimiste britannique membre de la Royal Society, extérieur à la mouvance Bonnemay : Roger Parsons (né en 1926), qui change l'intitulé du Laboratoire d'électrolyse en « électrochimie interfaciale ».

Un style de recherche interfacial au Cnam

Lorsqu'en avril 1974, Bonnemay donne une conférence plénière à Montréal, au meeting annuel de l'Electrochemical Society, il est invité par une dizaine de laboratoires universitaires et industriels états-uniens et canadiens⁴³. La diversité des institutions révèle le style cultivé par Bonnemay au cours de sa carrière. Esprit curieux, il a construit son travail aux interfaces entre les catégories cognitives

⁴² Ce paragraphe est basé sur l'analyse des comptes rendus des comités de direction du Laboratoire d'électrolyse [Art. 850001 Labos – Archives du CNRS]. En particulier, les séances du 14 décembre 1965, du 12 mars 1975 et du 18 et 19 janvier 1977.

⁴³ [« Dossier personnel, M. Bonnemay » – Archives Cnam].

(électrolyte/électrode, fondamental/appliqué), institutionnelles (université/industrie, civil/militaire) et politiques (France/étranger, Est/Ouest). Le choc pétrolier d'octobre 1973 et la crise économique des années 1970 rendent populaire ce type de démarche alors que les questions de société comme l'énergie s'invitent au laboratoire.

Atteignant la limite légale d'âge de 65 ans, Bonnemay ne souhaite pas prolonger son activité professionnelle et prend sa retraite à la fin de l'année universitaire 1979-1980. De son séjour au Cnam, il conserve un seul regret, celui du manque d'échanges avec les autres chaires : Chimie, Métallurgie et Physique. Ce cloisonnement disciplinaire était le prix à payer pour assurer une autonomie des chaires, aujourd'hui disparues⁴⁴. Le professeur prépare une succession lisse, aux antipodes de l'abrupte promotion qui fut la sienne. En septembre 1980, lors de l'audition pour la succession, deux candidats sont en lisse, issus de la « même école de pensée » et proches collaborateurs du patron, l'un au Cnam, Royon, l'autre au CNRS, Bronoël. Jugés de niveaux scientifiques équivalents, le premier joue la carte de la légitimité institutionnelle tandis que le second a l'audace du changement. Le premier l'emporte largement, probablement avec l'assentiment de Bonnemay qui voit là une récompense méritée pour un compagnon dévoué et efficace. Contrairement au CNRS, le Cnam a choisi

⁴⁴ J.-F. Fauvarque, *Entretien avec P. Teissier*, 2012 [Archives personnelles].

l'héritier du professeur et l'enseignant du cru. La passation donne l'occasion d'un changement d'intitulé de la chaire pour « Électrochimie industrielle », ce qui rend compte des recherches menées au Cnam et des attentes des auditeurs. Mais Royon décède quatre ans plus tard sans avoir eu le temps d'imposer sa marque. En juin 1985, une nouvelle fois, les conseils de perfectionnement et d'administration du Cnam choisissent l'héritier du cru (Catonné, premier) plutôt que l'héritier d'ailleurs (Bronoël, troisième) et de l'extérieur (Gérard Durand, second). Mais l'Académie des sciences inverse le classement en mai 1986 et personne n'est nommé⁴⁵. L'année suivante, un nouveau concours retient un normalien venu de la Compagnie générale d'électricité, Jean-François Fauvarque, dernier titulaire de la chaire d'Électrochimie (1987-2006). Comme dix ans plus tôt au CNRS, la continuité généalogique est rompue au Cnam par une ingérence extérieure. La dynastie électrochimique fondée par Audubert et poursuivie par Bonnemay, Royon et Catonné disparaît au Cnam, dans les années 1980, après cinq décennies de localisme.

Si Bonnemay a voulu finir sa carrière au Cnam, c'est sans doute parce

⁴⁵ Séance du 13 mai 1986, *Procès verbaux des Conseils de perfectionnement* 1986, p. 235 [Archives Cnam]. Les délibérations de la commission de l'Académie des sciences qui a inversé le classement du Cnam ne sont pas encore accessibles pour des raisons de délai de communication des archives. Selon J.-C. Catonné, l'inversion tiendrait à une ancienne rivalité entre Bonnemay et l'académicien Jacques Bénard (1912-1987).

que cette institution lui permettait encore d'exercer son style interfacial en toute quiétude. Perçu comme un enseignant dilettante, un inventeur capable d'intuitions originales, un chercheur étourdi, le patron a été apprécié par ses disciples et ses collaborateurs. Il leur a transmis son goût pour les interfaces liquide/solide. Ouvert, il savait orienter les jeunes chercheurs vers des champs peu explorés, comme les applications biologiques de l'électrochimie⁴⁶. Malgré un cumul des mandats, son style du pouvoir était peu directif, voire libéral, ce qui le distingue de son propre mentor, Audubert, qui a fait école en étant un mandarin. Moins intéressé par le mot que par la chose, Bonnemay a peu publié et beaucoup produit. Il a été le « véritable promoteur » de la chaire d'Électrochimie du Cnam⁴⁷. Artisan du savoir et du savoir-faire électrochimiques, il fut un passeur d'idées, d'objets et de procédés à travers les frontières de son époque qu'elles fussent disciplinaires, économiques ou politiques.

⁴⁶ « This paper is dedicated to the memory of Professor Maurice Bonnemay, whose guidance led A.A.P. to this biological application of electrode kinetics » (A.A. Pilla, P.R. Nasser et J.-J. Kaufman, 1993). Arthur A. Pilla (né en 1934) a été doctorant à Bellevue dans les années 1960 avant de rejoindre l'université de Columbia à New York, où, sur les conseils de Bonnemay, il s'oriente vers les applications biologiques de l'électrochimie.

⁴⁷ J.-C. Catonné, « Exposé », *op. cit.* 1980, p. 121.

Bibliographie sélective de Maurice Bonnemay

Articles significatifs de ses recherches

(1946). « Étude de la surtension présentée par les cathodes de mercure en solution de nitrate ». *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. 222, pp. 61-63. [Premier article d'électrochimie de Bonnemay.]

(1946). « Recherches sur le mécanisme de l'électrolyse. Étude des coefficients de transfert d'énergie ». *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. 222, pp. 793-795.

(1946). « Relation entre la surtension présentée par une électrode et la densité de courant. Intervention de la structure de l'électrode ». *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. 223, pp. 76-78.

Avec Makram H. et Royon J. (1952). « Contribution à l'étude de la diffusion des ions à travers les revêtements métalliques ». *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. 235, p. 955.

Avec Bronoël G. et Levart E. (1963). « Conception et étude électrochimique d'un modèle d'électrode poreuse à triple contact ». *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, Vol. 257, pp. 3394-3397 [traduit par la NASA en 1964].

Avec Bronoël G., Levart E. et Pilla A.A. (1967). « Analyse de la cinétique des réactions aux électrodes poreuses a gaz par les méthodes transitoires ». *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, Vol. 13, n° 1-2, pp. 44-57.

Avec Lamy C. (1971). « An electron paramagnetic resonance study of the anodic oxidation of hydrogen on platinum activated carbon electrodes ». *Journal of Electroanalyti-*

Ouvrages

(1943). *Recherches photochimiques sur l'acide azothydrique et ses sels*. Université de Paris, thèse ès sciences physiques, publication de la Société de chimie physique.

(1957 ; 2nd éd. 1967). *Les colloïdes*, Paris : Presses universitaires de France/« Que sais-je ? ».

Brevets

Avec Audubert R., « Procédé de chromage électrolytique direct de l'aluminium et ses alliages », Brevet d'invention, République française, n° 1.074.810, demandé le 24 janvier 1953 à Paris, délivré le 7 avril 1954. [Production des cylindres de moteur Motobécane]

Avec Percheron-Guegan A., Achard J.-C., Bronoël G., Sarradin J. et Schlapbach L., « Electrodes materials based on lanthanum and nickel, and electrochemical uses of such materials », US Patent 4, 107, 405, Aug. 15 1978, déposé par l'ANVAR.

Bensaude-Vincent B. et Claro Gomes J. (2002). « Entretien avec P. Caro ». *Sciences : histoire orale*. En ligne [<https://sho.spip.espci.fr/spip.php?article56>].

Bronoël G. (1961). *Étude structurale de l'alliage ZT1 : phénomène d'hydruration et d'oxydation*. Université de Paris, Thèse ès sciences.

Duclert V. (2004). « La naissance de la délégation générale scientifique et technique. La construction d'un modèle partagé de gouvernement dans les années soixante ». *Revue française d'administration publique*, n° 112 (2004), pp. 647-658.

Fontanon C. et Grelon A. (1994). *Les Professeurs du Conservatoire national des arts et métiers : dictionnaire biographique, 1794-1955, tome 1, A-K*, Paris : INRP.

Gross M. (2006). « Passerelle des sciences : la mobilité, des parcours riches et diversifiés ». *La revue pour l'histoire du CNRS*, 15. En ligne [<http://histoire-cnrs.revues.org/573>].

Perry M. L. et Fuller T. F. (2002). « A Historical Perspective of Fuel Cell Technology in the 20th Century ». *Journal of the Electrochemical Society*, Vol. 149, n° 7, S59-S67.

Picard J.-F. (1990), *La république des savants : la recherche française et le CNRS*, Paris : CNRS.

Pilla A.A., Nasser P.R. et Kaufman J.-J. (1993). « On the sensitivity of cells and tissues to therapeutic and environmental electromagnetic fields ». *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, Vol. 30 (March), pp. 161-169.

Royon J. (1960). *Contribution à l'étude du courant d'échange par les radio-indicateurs*. (Thèse de sciences physiques soutenue à l'Université de Paris en 1959), Paris : Imprimerie Louis Jean.

Trumbore F.-A. et Turner D.-R. (2002).
The Electrochemical Society. 1902-2002 : A Centennial History. Pennington : The Electrochemical Society.