



**HAL**  
open science

## Paul Hagenmuller. Itinéraire de l'enfant terrible de la chimie du solide française.

Pierre Teissier

► **To cite this version:**

Pierre Teissier. Paul Hagenmuller. Itinéraire de l'enfant terrible de la chimie du solide française.. L'Actualité Chimique, 2008, 319, pp.France. halshs-01078854

**HAL Id: halshs-01078854**

**<https://shs.hal.science/halshs-01078854>**

Submitted on 5 Nov 2014

**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.

# le dossier

Paul Hagenmuller

Itinéraire de l'enfant terrible de la chimie du solide française

Pierre Teissier

  
l'actualité  
chimique

publié avec le n° 319 de L'Actualité Chimique, mai 2008

Energie  
Matériaux fonctionnels  
Nanomatériaux

## Environnement et développement durable



Energie : Hydrogène,  
piles à combustible,  
thermoélectriques

Energie : Matériaux  
pour batteries



Matériaux pour  
l'optique

Matériaux ferroélectriques,  
céramiques et composites



Matériaux fonctionnalisés  
: fluor, hybrides,  
nanoparticules

Sciences moléculaires :  
matériaux photo, piezo,  
thermosensibles



Fluides supercritiques

De renommée nationale et internationale dans le domaine des matériaux, l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (ICMCB - CNRS) effectue ses recherches dans la **Chimie du solide, la Science des matériaux et les sciences moléculaires.**

**MISSION** Proposer de nouveaux matériaux - ou optimiser les matériaux existants - pour les applications d'aujourd'hui et de demain.

L'ICMCB connaît un très fort partenariat en France et à l'étranger : réseaux d'excellence européens, groupements de recherches, GIS "Matériaux en Aquitaine". Une partie importante des recherches de l'Institut est réalisée en collaboration avec des organismes institutionnels (CNES, CEA, DGA, ADEME) et s'insère dans les pôles de compétitivité « Aéronautique et systèmes embarqués » (AESE), « Route des lasers » et le MIB (Label Carnot).

Directeur : Claude Delmas  
ICMCB-CNRS - 87, Avenue du Docteur Albert Schweitzer  
33608 PESSAC Cedex  
<http://www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr>

220 personnes  
au service de la recherche  
7 groupes de recherche  
20 services techniques

Piles à combustible

Batteries

Thermoélectriques

Matériaux luminescents

Stockage de l'hydrogène

Séquestration du CO<sub>2</sub>

Dépollution automobile

Cellules photovoltaïques



### Le dossier de *L'Actualité Chimique*

- Ce dossier est publié pour sensibiliser un grand nombre de lecteurs intéressés aux développements actuels dans le domaine des sciences chimiques. Il s'appuie sur des résultats de recherches pouvant avoir d'importantes conséquences, soit dans le domaine purement scientifique, soit par leurs applications.
- Il s'adresse à un large public de scientifiques : étudiants, chercheurs, professeurs, industriels... désireux de comprendre les évolutions scientifiques, ou tout simplement curieux.

**Ce dossier est détachable : n'hésitez pas à le faire lire autour de vous !**

# Paul Hagenmuller

## Itinéraire de l'enfant terrible de la chimie du solide française

Pierre Teissier

### Résumé

L'article décrit la trajectoire professionnelle de Paul Hagenmuller, l'un des personnages les plus en vue de la chimie française de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Cette biographie polémique se fixe un double objectif : suivre la carrière d'un mandarin de l'université tout en soulignant les relations entre science et société. Ce récit d'histoire des sciences montre comment un jeune professeur de province hors norme utilise le contexte des Trente Glorieuses (croissance économique, essor de la recherche publique, internationalisation de la science) et façonne son environnement proche pour s'imposer comme un élément central de sa communauté. Ce faisant, Hagenmuller contribue à l'émergence d'un nouveau champ scientifique : la chimie du solide. À mi-chemin entre fondamental et appliqué, la chimie du solide participe à la fabrication et à l'étude physico-chimique de matériaux nouveaux, répondant à des besoins industriels. Un tel personnage donne l'occasion, pour un passé récent, de souligner les conditions d'émergence d'une communauté de chercheurs, de décrire son fonctionnement, et pose la question de sa pérennité en tant que discipline scientifique.

### Mots-clés

**Paul Hagenmuller, histoire, chimie du solide, matériaux, sciences et société, communauté scientifique, biographie.**

### Abstract

**Paul Hagenmuller: a biography of the "enfant terrible" of the French solid state chemistry**

This article deals with the career path of Paul Hagenmuller, one of the most well-known French chemists of the second half of the XX<sup>th</sup> century. This controversial biography has two main goals: the description of the career of an academic mandarin and the investigation of the relationships between science and society. The historical perspective aims at showing how a young unconventional professor has used his position based in the province in the given contexts of economic growth and public research development as well as of the internationalisation of science and has shaped his close environment to become one of the outstanding members of his own community. He has thus contributed to the emergence of a new scientific field known as "solid state chemistry". Between fundamental and applied sciences, solid state chemistry seeks to synthesize new material (useful for industry) and to study them by both chemical and physical methods. This basis provides the opportunity to stress, for a recent time, the conditions that lead to the emergence of a scientific community, to describe its actual working and to argue about its possible stabilisation as a scientific discipline.

### Keywords

**Paul Hagenmuller, history, solid state chemistry, materials, science and society, scientific community, biography.**

Année 1945, la science française sort affaiblie de la Seconde Guerre mondiale. Les laboratoires sont vides : peu de chercheurs, de techniciens, d'instruments et de produits. L'argent fait défaut. Soutenu par le plan Marshall – la France reçoit cinq milliards de dollars – et organisé par le Commissariat au plan de Jean Monnet, le pays atteint bientôt une croissance de 5 % au début des années 50. En six ans, de 1944 à 1950, le CNRS triple son effectif, passant de 1 000 à 3 000 employés. Un enthousiasme général anime l'université française. Malgré une situation encore précaire (les tickets de rationnement subsistent jusqu'en 1948), de nombreux jeunes gens et quelques jeunes filles débutent leur doctorat sous la direction de professeurs issus de l'entre-deux-guerres. La chimie est figée dans l'organisation d'avant-guerre et divisée entre quatre sous-disciplines : organique, minérale, physique, biologique. Chacune correspond à une communauté scientifique bien structurée, dominée par les « mandarins »<sup>(1)</sup> de la Sorbonne. Entre les « vieilles barbes »<sup>(2)</sup> et leurs jeunes étudiants, le contraste de générations est saisissant mais tous ont désormais à cœur de vivre et de construire. Paul Hagenmuller est l'un de ces jeunes gens.

L'article qui suit est un récit probable, documenté mais controversé, de sa carrière. Je ne cherche ni à dessiner le portrait complaisant d'un « grand homme », ni à isoler l'archétype d'une époque, mais propose de suivre la trajectoire professionnelle d'un homme de chair et de sang en la replaçant dans un contexte social plus vaste. Difficile à saisir, Hagenmuller offre l'occasion d'une étude de cas passionnante : enfant terrible de son siècle, tourné vers la maîtrise de la matière – la chimie et l'état solide –, il s'engage dans un corps à corps étonnant avec le monde universitaire, dont il sait tirer les ficelles, et avec la société jusque dans les sphères industrielles, politiques et au niveau international.

### Hagenmuller le jeune : l'école de la vie d'un « chrétien » peu orthodoxe (1921-1956)

Paul Hagenmuller naît en août 1921 en Alsace. En 1939, après son baccalauréat, il entre à l'Université de Strasbourg

où il compte bien poursuivre de brillantes études scientifiques. Il vient d'avoir dix-huit ans lorsque la France et l'Angleterre déclarent la guerre à l'Allemagne, le 2 septembre. Par la suite, il se définira comme « alsacien réfractaire » et, en 1941, suit l'Université de Strasbourg repliée en zone libre, à Clermont-Ferrand. En Auvergne, il choisit la chimie pour des raisons financières, alors qu'il se sent plus attiré par la physique, et commence une thèse de chimie minérale en solution dans le laboratoire d'André Chrétien. En parallèle, il mène des opérations de sabotage contre l'occupant allemand. En juin 1943, arrêté par la Gestapo, il est interné à Moulins, Compiègne, puis déporté comme « terroriste » à Buchenwald puis à Dora (1943-45). Là-bas, comme Primo Levi à Auschwitz<sup>(3)</sup>, sa qualité de chimiste lui sauve sans doute la vie en le rendant utile à ses tortionnaires : il sera affecté à la fabrication des fusées V2, qu'il s'efforce d'ailleurs de saboter. Il se mêle à ses compagnons d'infortune, apprend le russe, fréquente des communistes allemands<sup>(4)</sup>. On ne peut ignorer l'épisode de la déportation pour comprendre cet homme qui, après avoir souffert et vécu une forme de solidarité universelle, revient avec une envie de revanche et un besoin de réussite personnelle. Ce personnage tourné vers l'action demeurera toujours plus intéressé par la singularité des individus que par la généralité des systèmes de pensée.

À la Libération, revenu du camp de concentration de Dora, il rejoint son patron de thèse. Depuis mars 1943, Chrétien dirige un laboratoire de la Sorbonne, le « service de la 3<sup>e</sup> section du PCB », et a été nommé professeur sans chaire l'année suivante. Il s'occupe de chimie minérale en solution et enseigne la chimie industrielle. Paul peut reprendre des recherches qu'il avait à peine effleurées en 1942. Il bénéficie du développement de la recherche publique d'après-guerre : il est nommé attaché de recherche au CNRS (1945-48), puis assistant à la faculté des sciences de Paris (1949-50). Sous la férule du maître, il entreprend une thèse d'État qui fournit une *Contribution à l'étude des nitrites en solution* (1945-50). Ce sont les propriétés physiques de solutions aqueuses de nitrites qui l'intéressent, en particulier les anomalies qu'elles présentent. Sa démarche se veut « systématique ». Lorsque le chercheur en retraite évoque sa thèse, il insiste sur l'appareil mathématique qu'elle contenait, mais à l'époque, comme les autres, l'étudiant a suivi les directives de son patron de thèse<sup>(5)</sup>. Sa formation à la recherche se fait uniquement en chimie minérale, sur les solutions aqueuses. Lorsqu'il est promu chargé de recherche au CNRS après sa thèse, il poursuit cette chimie des solutions en élargissant aux sels et précipités (1951-53). Au final, le jeune chercheur a une production moyenne : huit publications en sept ans, de 1948 à 1955, dans des journaux français. Parmi tous ses travaux, aucun ne porte sur les composés solides. Ce point est crucial : le jeune Hagenmuller – celui qui travaille à la paillasse pendant huit ans – est un *minéraliste* des solutions aqueuses. Lorsqu'il affirme que la chimie de sa jeunesse est vieillotte et descriptive, il parle de celle qu'il a lui-même pratiquée, celle qu'il a eue sous les yeux : la chimie minérale en solution. En « Chrétienté »<sup>(6)</sup>, on valorise alors l'intuition chimique et l'étude des réactions chimiques en considérant les méthodes physiques comme simple auxiliaire. Chrétien et ses élèves se sont spécialisés sur les diagrammes de solubilité et la chimie des sels en solution, et Hagenmuller est fidèle à l'« orthodoxie chrétienne ».

Pourtant, l'air de la Sorbonne devient irrespirable pour ce fils turbulent, entrepreneur indépendant et « grande gueule ».

Après quelques oppositions virulentes, le « père Chrétien » ne le tient plus en odeur de sainteté. Début 1954, le jeune homme saisit une occasion de s'exiler et va à nouveau croiser l'histoire tragique de son siècle. Alors qu'en Asie du Sud-Est la guerre coloniale entre dans sa huitième année, le jeune chercheur répond aux sollicitations du recteur Lassus, directeur des Universités d'Indochine, et part pour Hanoï comme maître de conférences – équivalent à professeur aujourd'hui. Après la défaite de Diên Biên Phu en mai et l'armistice, le Viêt Nam est partagé en deux zones. Militaires et ressortissants français évacuent le nord du pays, dont Hanoï. La France désire conserver une influence culturelle dans le sud soutenu par les États-Unis. À peine rentré d'Indochine, Hagenmuller accepte de retourner au Sud Viêt Nam, à Saïgon, où il restera deux ans (1954-56). Si à Hanoï, puis à Saïgon, il est privé de moyens et ne peut expérimenter, en revanche il prend le temps de réfléchir et de lire. En contrepartie du service rendu, il obtient la promesse d'un poste de professeur à son retour en France et de conditions favorables<sup>(7)</sup>.

## L'âge d'homme : une tactique, des alliés, une méthode

### *Le programme de recherche tous azimuts élémentaires (1956-1963)*

En novembre 1956, Hagenmuller est nommé maître de conférences à la faculté des sciences de Rennes. Il y remplace Raymond Rohmer, l'un des premiers élèves de Chrétien, alsacien lui-aussi, qui vient d'obtenir la chaire de chimie minérale à Strasbourg. Sur les bords de la Vilaine, Rohmer laisse Jacques Prigent en fin de thèse. Prigent et Hagenmuller vont former, en parallèle, deux équipes de chimie minérale. Hagenmuller, jeune professeur de trente-cinq ans, se trouve désormais libéré de la tutelle du maître avec qui il s'est brouillé. Pourtant, entre 1956 et 1960, son travail ne rompt pas brutalement avec le programme de recherche de la « Chrétienté ». La notice de ses titres et travaux scientifiques de 1960 l'atteste.

Certes, le « *souci constant [...] d'appliquer systématiquement la mesure physique à la résolution des problèmes d'ordre chimique* » s'écarte de la vision traditionnelle du maître, mais il s'inscrit dans « *l'évolution moderne de la chimie minérale* ». Hagenmuller situe même son travail dans la continuité de Rohmer en explorant deux voies distinctes : la chimie des sels et des complexes (en essayant de systématiser le comportement des solutions) et les « *recherches relatives à des composés solides minéraux* ». Ce type d'approche à cheval sur les solides minéraux et les solutions aqueuses est caractéristique de la chimie minérale d'après-guerre. Finalement, comme d'autres professeurs de son époque, Hagenmuller opte pour « *l'étude des réactions par voie sèche* » en abandonnant les solutions aqueuses. Malgré une méthode essentiellement « *descriptive* », le pari est payant. Au début, il s'agit surtout d'étudier des réactions chimiques et de fabriquer de nouveaux composés solides. Puis de plus en plus, on veut « *relier systématiquement structure cristalline et propriétés chimiques et justifier l'une par l'autre.* »

Cette approche n'est ni originale par sa formulation, ni inédite dans sa mise en œuvre. Elle est couramment défendue durant les années 50 par les tenants de la « chimie de l'état solide ». En France, Georges Chaudron et deux de

ses anciens élèves, André Michel et Jacques Bénard, en sont les principaux zélateurs. Depuis les années 20, Chaudron a construit un vaste empire social – la « Chaudronnerie » – à la conjonction des oxydes et des alliages métalliques. « Chrétienté » et « Chaudronnerie » constituent deux baronnies rivales en chimie minérale mais ne chassent pas sur les mêmes terres. L'œuvre de Chaudron est complexe et touche à trois domaines différents : la « chimie métallurgique » – expression qu'il a popularisée –, la chimie des hautes températures et la chimie de l'état solide. Elle trouve son unité autour d'une certaine continuité de l'état solide : des métalloïdes (comme le graphite) aux solides ioniques en passant par les alliages métalliques et certains composés organiques, Chaudron cherche à appliquer les mêmes concepts et techniques à travers les frontières disciplinaires. Depuis les années 30, Michel et Bénard étudient la relation entre structure et propriétés dans les oxydes de fer. La diffraction des rayons X sur poudres constitue alors un outil indispensable aux chimistes pour analyser la structure cristalline des solides. Si cette relation structure/propriétés est évidente pour les physiciens et les métallurgistes, ces derniers ne l'appliquent qu'aux alliages métalliques et à quelques composés ioniques de structure simple comme le sel marin (NaCl).

Après-guerre, Chaudron a orienté la thèse de Robert Collongues (1947-54), vers l'étude du protoxyde de fer non stœchiométrique ( $\text{FeO}_{1-x}$ )<sup>(6)</sup>. La non-stœchiométrie constitue alors une question majeure pour la science internationale. L'école anglaise, emmenée par l'inorganicien John Stuart Anderson travaillant à Harwell pour l'Atomic Energy Research Establishment (AERE), défend une approche thermodynamique et statistique des défauts non stœchiométriques. Les travaux de Collongues se situent eux-aussi dans une perspective thermodynamique. À l'opposé, l'école suédoise, autour du chimiste Arne Magnéli (Stockholm), et l'école australienne, autour du cristallographe David Wadsley (Melbourne), ont opté pour une approche structurale de la non-stœchiométrie. Au début des années 60, l'horizon national n'est donc pas franchement dégagé pour l'enfant terrible de la « Chrétienté » qui se retrouve face à une « Chaudronnerie » dominante et à deux autres familles scientifiques puissantes, dirigées l'une par Félix Trombe et l'autre par Jean Flahaut. Les cartes de l'état solide ont été distribuées avant l'arrivée d'Hagenmuller : oxydes des éléments de transition en « Chaudronnerie », terres rares chez Trombe, sulfures métalliques pour Flahaut. La partie s'annonce serrée, mais une nouvelle donne se prépare.

À Rennes, le jeune professeur n'a peur de rien. Challenger, il n'attaque pas frontalement les empires en place mais procède par contournement. Pour ne pas se retrouver en compétition directe avec les autres, il choisit de défricher plusieurs domaines « élémentaires » avec ses premiers étudiants (voir *tableau I*).

Dès le début, Hagenmuller s'efforce de contourner les chasses gardées des barons de la chimie minérale, même s'il ne peut éviter les oxydes de transition, alors centraux en chimie minérale. Cette stratégie du « tous azimuts élémentaires » permet de balayer rapidement le tableau périodique des éléments pendant que les autres écoles approfondissent uniquement leur type élémentaire. Les synthèses sont rudimentaires : mélange de poudres dans des tubes scellés, puis chauffage au four électrique jusqu'à quelques centaines de degrés Celsius afin que la réaction se déclenche, avant de laisser refroidir pour récupérer un solide

Tableau I - Plusieurs domaines élémentaires « défrichés » par Hagenmuller et ses étudiants.

<b>Composés oxygénés</b>	oxydes de titane	André Lecerf, Michel Tournoux
	oxydes mixtes manganèse et baryum	Antoine Hardy
	zircones	Michel Tournoux
	aluminates	Debray
<b>Fluorures</b>	de bore et de silicium	Robert de Pape, Roger Naslain
<b>Oxyhalogénures</b>	oxybromures d'aluminium	Bernard Le Neindre
	oxyiodures d'aluminium	J. David
	oxyiodures de lithium	Tanguy
<b>Sulfures</b>	d'aluminium	Jean Rouxel
	de bore	Chopin
<b>Hydrides</b>	de bore	Maurice Rault
	de silicium	Michel Pouchard

polycristallin. Le décollage du laboratoire rennais est stupéfiant. Cultivant un charisme amphithéâtral, le jeune professeur séduit les étudiants par un enseignement « moderne » et dynamique ; l'affairiste est si adroit pour obtenir des financements que dix thèses d'État sont déjà en préparation en 1960 au laboratoire, dont la notoriété est relayée à l'étranger par un extraordinaire ambassadeur polyglotte. Une douzaine de garçons en blouse blanche et cravate se regroupe autour du « patron » en costume sombre (*figure 1*).



Figure 1 - Le « patron » et ses étudiants rennais (1959) dans les anciens locaux de la Faculté des sciences de Rennes.

De gauche à droite et de haut en bas : Jean Rouxel, Bernard Le Neindre, Michel Pouchard, J. David, Debray, Michel Tournoux, Maurice Rault, Chopin, N'Guyen Van Hai, Roger Naslain, Paul Hagenmuller, Robert de Pape, Antoine Hardy, André Lecerf.

Un tel groupe de recherche – une douzaine de thésards pour un seul professeur – détonne par rapport à ceux des laboratoires de chimie d'aujourd'hui. L'image résume toute une époque : celle de la construction de la recherche universitaire française et du peuplement d'un quasi-désert, la province. En 1960, pragmatique, Hagenmuller se fait élire au Comité national du CNRS dans la section chimie minérale. L'année suivante, il manœuvre habilement pour se réconcilier avec Chrétien en lui proposant d'être président du jury de thèse de Jean Rouxel sur les chalcogénures d'aluminium. La croissance du laboratoire rennais étonne et attire. L'Université de Bordeaux cherche un professeur de chimie minérale après le départ de « Mademoiselle Josien » pour Paris. Les titulaires des chaires de chimie physique, Adolphe Pacault, et de chimie organique, Raymond Calas, ont repéré ce jeune professeur dynamique et brillant. Ils vont convaincre le doyen Brus de lui offrir une situation qu'il ne pourra pas refuser : des moyens supplémentaires, des locaux étendus (1 000 m<sup>2</sup>, à comparer aux 250 m<sup>2</sup> de Rennes), des promesses de postes d'enseignant chercheur pour titulariser ses doctorants. La dot bordelaise est prête, l'Alsacien accepte et déménage avec les trois-quarts de son équipe – une quinzaine de personnes – et les neuf dixièmes du matériel du laboratoire. Un tel chambardement est impressionnant, on s'incline déjà. Prigent et son équipe (Jacques Lucas, P. Caillet, J. David) gardent les locaux et ramassent les miettes.

Entre temps, Hagenmuller a programmé pour les vacances d'été un voyage collectif outre-Rhin. Il a affrété un bus pour transporter tous ses étudiants et la tournée des grands-ducs germaniques peut commencer dans les plus prestigieux laboratoires d'« Anorganische Chemie » : Münster (Wilhelm Klemm et Harald Schäfer), Karlsruhe (R. Scholder), Eilendorf (Rabenau chez Philips), Stuttgart, Heidelberg, Giessen, Marburg, Cologne... Durant ce voyage d'études, les « Rennais » font trois principales observations : une synthèse chimique originale, en particulier avec les oxydes et fluorures « à valence anormale »<sup>(9)</sup> ; une étude structurale très propre pour des compositions chimiques bien définies ; un recours à la « théorie du champ de ligands » pour interpréter certaines propriétés optiques des solides.

Arrivé en Aquitaine, Hagenmuller planifie consciencieusement le travail du Laboratoire de chimie minérale. Il n'encadre pas les thésards à la paillassa – rappelons qu'il est lui-même minéraliste des solutions – suivant l'usage d'une époque qui manque de cadres de recherche, et demande aux étudiants en fin de thèse de former ceux qui débutent aux techniques de synthèse. Une tournée quotidienne lui permet de discuter avec les thésards et de surveiller au plus près l'avancement de leurs travaux. Consacrant tout son temps au laboratoire, il exige en contrepartie beaucoup des autres. De fortes pressions psychologiques pèsent sur les épaules de ces garçons motivés et les colères du patron ne sont pas rares. L'ambiance est studieuse et amicale et les étudiants deviennent camarades. Quand il s'agit de publier, le patron relit d'un œil sévère le manuscrit et, ligne à ligne, corrige les thèses, sans concession pour les entourloupes intellectuelles. Fort bon orateur lui-même, il enseigne l'art de parler en public, de convaincre, de se montrer exigeant envers soi-même comme envers les autres. Fêru d'histoire et observateur de la société, il révèle à ses étudiants les ficelles pour réussir dans la communauté universitaire. Sous une

autorité rude se met en place une forme de solidarité, entre le patron et ses élèves d'une part – lorsqu'ils ont besoin de lui, il ne les lâche pas et les soutient dans le « milieu »<sup>(10)</sup> –, entre les générations d'autre part – les étudiants plus âgés, formateurs improvisés, rassemblent peu à peu autour d'eux les plus jeunes selon le hasard et les affinités. La première génération, celle des « Rennais », forme bientôt un corps d'officiers, courroie de transmission entre un patron investi d'un pouvoir sacré et des doctorants respectant ses commandements. L'état-major s'émancipe peu à peu par le choix de thèmes de recherche de plus en plus laissé à sa discrétion.

### **Le colloque de Bordeaux de 1964, un paysage choisi : chimie, physique et science occidentale**



Le Congrès de 1964. Paul Hagenmuller écoute Raymond Calas lors d'une réception donnée à la Faculté des sciences de Bordeaux, sous le regard attentif d'André Michel.

Le professeur poursuit sa stratégie de développement en organisant à Bordeaux, en septembre 1964, un colloque international du CNRS dédié aux *Composés oxygénés des éléments de transition à l'état solide*. Plusieurs anciens de Bordeaux veulent y voir l'un des actes fondateurs de la chimie du solide française, voire internationale. Deux arguments sont souvent avancés : la présence de nombreux physiciens des solides au côté des chimistes et une large ouverture internationale. Si ce jugement *a posteriori*, issu de points de vue locaux, tend à exagérer l'importance de la rencontre, il ne faut pas non plus la minimiser. Étape majeure pour l'avenir du groupe bordelais, le colloque structure partiellement une communauté nationale en formation et réunit une large audience internationale. Le compte rendu du colloque, édité au *Bulletin de la Société chimique de France* l'année suivante, constitue une source historiographique qui permet d'esquisser une typologie sommaire.

Le colloque réunit 228 personnes dont une écrasante majorité de Français (79 %), une vingtaine d'Allemands (9 %), une quinzaine d'Américains (6 %), quatre Néerlandais, trois Belges, trois Britanniques, deux Suédois et un Italien. Trente-deux communications y sont prononcées. Plus de la moitié des participants sont des chimistes français, dont un tiers de minéralistes. Les autres autochtones sont physiciens universitaires, membres du CEA, métallurgistes de l'IRSID<sup>(11)</sup>

ou industriels. La carte hexagonale indique la localisation géographique et disciplinaire des laboratoires de chimie français, le nombre de membres présents et la participation aux communications (figure 2). Elle met en évidence une forte opposition entre la « Chaudronnerie », centrée sur Paris et gravitant autour du Centre d'études de chimie métallurgique (CECM) fondé par Chaudron (puis dirigé par Michel à partir de 1962), et la « Chrétienté », dispersée sur l'ouest de la France et dominée par le pôle bordelais. La carte surestime le poids du laboratoire bordelais (par rapport à son importance nationale) qui, en tant qu'organisateur du colloque, peut s'attribuer deux communications et incite tous ses étudiants à y assister. Si Hagenmuller organise le colloque avec son premier lieutenant Hardy, Chaudron en est le président honorifique (absent ce jour-là). Au-delà de la polarisation binaire, quatre autres laboratoires français ont été choisis pour prononcer une communication : les deux laboratoires dirigés par Trombe (Bellevue et Montlouis) et les Laboratoires de chimie minérale de Jacques Aubry (Nancy) et René Pâris (Lyon). En rassemblant assez largement une partie des chimistes français étudiant les solides minéraux, le colloque a un rôle structurant évident de la communauté. Deuxième présence nationale à souligner : la quarantaine de physiciens des solides et de métallurgistes qui assistent au colloque à hauteur de leurs communications (19 % des participants et des communications) : Félix Bertaut (Grenoble), Jacques Friedel (Orsay), Charles Guillaud (Bellevue), André Herpin (CEA Saclay), Paul Lacombe (Paris), J. Manenc (IRSID). Enfin, la présence des étrangers est un élément incontournable non seulement par leur nombre (21 %) mais encore, et peut-être surtout, par l'importance de leurs contributions, aux niveaux quantitatif (47 %) et qualitatif.

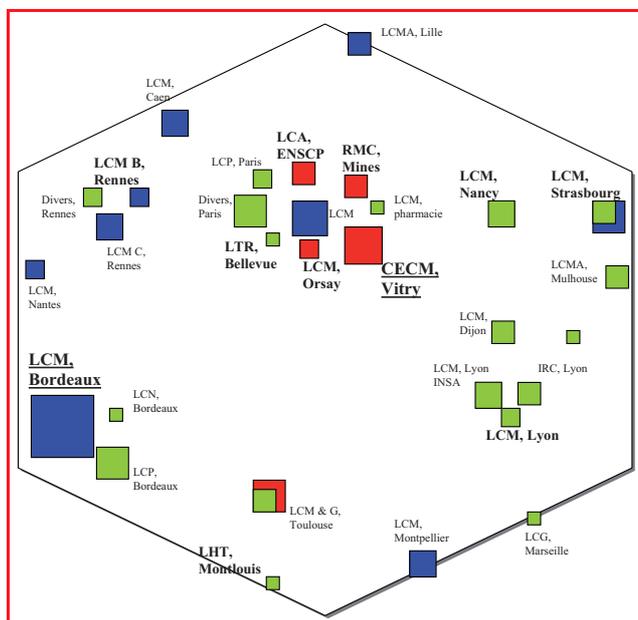


Figure 2 - Les laboratoires français ayant participé au colloque de Bordeaux.

Chaque laboratoire est repéré par un carré (géographique) et un nom (discipline). L'aire du carré est proportionnelle au nombre de membres présents au congrès, les caractères sont « standards » si le laboratoire ne communique pas, gras pour une communication, gras et soulignés pour deux communications. Les carrés de la « Chaudronnerie » sont rouges, ceux de la « Chrétienté » bleus, les autres verts.

Abréviations : L (laboratoire), C (chimie), M (minérale), A (appliquée), G (générale), P (physique), N (nucléaire), TR (terres rares), HT (hautes températures), RMC (recherches métallurgiques et chimiques), IRC (Institut de Recherche sur la Catalyse). À Rennes, les deux LCM se distinguent par les lettres B et C.

Si la cartographie de l'assistance et des orateurs était indispensable pour donner une image de ce paysage choisi, il convient maintenant de l'utiliser pour repérer qui dit quoi, en particulier comment se situent les chimistes par rapport aux physiciens et les Français par rapport aux étrangers. J'envisage donc quatre groupes : les physiciens et métallurgistes étrangers et français, les chimistes étrangers et français (figure 3). Je considère que le titre d'une communication suffit à rendre compte de son contenu – ce qui est évidemment simplificateur. Les quatre principaux centres d'intérêt mentionnés par les titres sont la synthèse, l'analyse structurale, les propriétés physico-chimiques et la théorie. Une simple analyse statistique des titres permet ainsi de dégager les centres d'intérêt de chaque groupe.

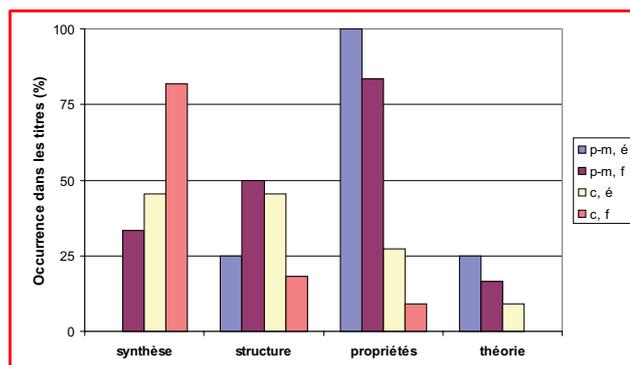


Figure 3 - Répartition des centres d'intérêt suivant les quatre groupes.

Physiciens et métallurgistes étrangers (p-m, é), français (p-m, f), chimistes étrangers (c, é) et français (c, f).

L'analyse comparative des titres de communication met en évidence des choix d'orientation caractéristiques et dessine un paysage stéréotypé des groupes en présence vers 1964. Les chimistes français sont essentiellement tournés vers la synthèse de nouveaux composés (80 % des titres la mentionnent), l'étude structurale arrivant loin derrière (18 %). Une seule communication – « Sur deux groupes de nouveaux composés ferrimagnétiques » – fait référence à une propriété physique, mais significativement elle est cosignée par trois chimistes bordelais (Lecerf, Rault, Josik Portier) et un physicien de Bellevue (G. Villers du Laboratoire de magnétisme et de physique du solide dirigé par Guillaud). Les chimistes étrangers offrent un panel plus large : synthèse certes, mais à égalité avec la structure (45 %), tandis que les propriétés (27 %) sont plus abordées par les chimistes venus des États-Unis que par les Européens. La répartition des centres d'intérêt des physiciens et métallurgistes est inversée par rapport à celle des chimistes, mais quasiment semblable pour les Français et les étrangers : une quasi-totalité des titres indique les propriétés (83 % pour les Français contre 100 % pour les autres), les Français sont plus orientés vers les études structurales (50 % contre 25 %) et un peu moins vers la théorie que leurs homologues étrangers (17 % contre 25 %)<sup>(12)</sup>. La grosse différence réside dans la mention de la synthèse (33 % contre 0 %) mais est en partie due aux pratiques des métallurgistes, à mi-chemin entre physique et chimie.

Le colloque, s'il permet aux physiciens et aux chimistes de se rencontrer, n'en révèle pas moins une différence d'approche importante, pouvant parfois aller jusqu'à l'incompréhension entre les deux bouts de la chaîne : synthèse et théorie. Le décalage existe aussi entre la France

et l'étranger mais en grande partie du fait d'une forte culture matériaux aux États-Unis. Une analyse plus fine montrerait que les Allemands sont sensiblement dans la même optique que les Français, quoiqu'un peu plus tournés vers les analyses structurales. Tout en confirmant aux minéralistes hexagonaux l'existence d'une communauté de chimistes autour des solides, le colloque montre aussi ce qui se fait ailleurs, en particulier l'étude structurale poussée, la focalisation sur les propriétés physiques et le recours aux théories quantiques.

Hagenmuller sait transformer le congrès de Bordeaux en une vitrine internationale qui le place au cœur des débats sur l'état solide. Il renforce les contacts qu'il avait déjà ébauchés à l'étranger – les minéralistes allemands bien sûr, mais aussi le chimiste et théoricien américain John Goodenough – et noue de nouvelles relations avec le cristallographe suédois Sten Andersson, élève de Magnéli, le thermodynamicien d'origine russe Oswald Kubaschewski, et les chimistes américains Aaron Wold et Rustom Roy. Le congrès marque plus, à mon avis, une première théâtrale sur la scène internationale que la fondation – concept toujours hasardeux en histoire, fût-elle des sciences – d'une discipline, la chimie du solide. En effet, en France pour la seule année 1965, deux autres colloques internationaux se réclament de la « physico-chimie du solide » : l'un à Paris sur les *Propriétés mécaniques et physico-chimiques des réfractaires* (Chaudron), l'autre à Orsay sur les *Propriétés thermodynamiques, physiques et structurales des dérivés semi-métalliques*.

### Constitution d'un corpus méthodologique : l'exemple des bronzes de vanadium (1963-1976)

D'Allemagne, les Français ont rapporté un intérêt pour l'analyse structurale bien faite, et Goodenough, qui va devenir un intime, commence à leur parler des propriétés physiques et des théories. Hagenmuller décide qu'il est



Le Congrès de 1964. John Goodenough commentant la transition isolant-métal de  $\text{VO}_2$ .

temps d'accorder son Laboratoire de chimie minérale au diapason international. En particulier, une famille de composés – les bronzes de vanadium – va lui permettre de mettre en place de nettes évolutions méthodologiques. Ces solides doivent leur nom aux bronzes de tungstène, improprement nommés au XIX<sup>e</sup> siècle par Paul-Gabriel Hautefeuille en raison de leurs couleurs chatoyantes entre bleu métallique et rouge cardinal. Au début des années 60, ces oxydes sont encore mal connus : le russe Ozerov et l'australien Wadsley viennent de publier indépendamment la structure cristalline  $\beta$  du  $\text{Na}_{0,33}\text{V}_2\text{O}_5$  et mis en évidence sa non-stœchiométrie. Le thème est porteur, les « Bordelais » s'y engouffrent.

En quelques mois à peine, le patron place au moins quatre étudiants sur le sujet : André Lessaichere d'abord, puis Michel Pouchard, Jean Galy et André Casalot qui développent dans un premier temps l'étude de bronzes de vanadium substitués au lithium du type  $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$  (avec  $x$  réel). C'est d'ailleurs cette famille de composés nouveaux que Pouchard, Galy et Casalot, associés à Hardy, ont présentée au congrès de 1964. En jouant sur les proportions de réactifs, par mélange de poudres de  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{VO}_2$  et  $\text{Li}_2\text{O}$ , les doctorants ont entrepris une étude systématique de  $\text{Li}_x\text{V}^{5+}_{2-x}\text{V}^{4+}_x\text{O}_5$  en faisant varier continûment  $x$  entre 0 et 1. Leur communication orale précise les paramètres de maille et surtout le lien entre la composition chimique et les structures associées, monophasées : ( $\alpha$ ) « orthorhombique »  $\{0 < x < 0,13\}$  ; ( $\beta$ ) « monoclinique »  $\{0,22 < x < 0,62\}$  ; ( $\gamma$ ) « orthorhombique »  $\{0,88 < x < 1\}$ , ou biphasées ( $\alpha + \beta$ ) et ( $\beta + \gamma$ ). Enfin, elle mentionne les propriétés semi-conductrices des composés  $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ , mesurées à Bellevue, au Laboratoire des hautes pressions dirigé par Boris Vodar. Ainsi les jeunes gens associent une synthèse originale, systématique, à une analyse structurale de base par diffraction des rayons X sur poudres (type Debye-Scherrer) et, sensibilisés par les physiciens de Bellevue, commencent à évoquer la théorie des bandes. Par la suite, le projet se construit suivant trois orientations méthodologiques liées les unes aux autres, où chacun doit jouer un rôle propre.

### Analyse structurale et cristallographie

Hagenmuller confie à Galy la direction du service de cristallographie et sa modernisation : la diffraction sur poudres, manuelle d'abord puis peu à peu automatisée, et la diffraction sur « monocristaux » (chambres de Weissenberg et Buerger)<sup>(13)</sup>. Outre sa thèse sur les bronzes de vanadium, Galy s'occupe bientôt des spectres pour les autres équipes. L'analyse structurale prend énormément d'importance : au laboratoire, on passe d'environ 2 500 spectres annuels vers 1963 à plus de 11 000 vers 1966. Cet effort va de pair avec une informatisation progressive : le premier ordinateur, acheté en 1964, dispose d'une mémoire centrale de 8 kbit. L'informatique rend possible l'automatisation mais facilite surtout les calculs de transformées de Fourier. Jusque-là, l'interprétation des spectres était faite soit à la main avec crayon et papier, soit au laboratoire de physique d'à-côté sur l'unique ordinateur quand les physiciens ne s'en servaient pas, c'est-à-dire la nuit. Quelques thésards bordelais travaillent aussi en étroite collaboration avec le Laboratoire de cristallographie d'Hubert Curien à Paris. Là-bas, Madame Herpin est leur contact privilégié. L'effort de détermination structurale est tel que les bronzes de vanadium de Bordeaux sont mentionnés en 1966 parmi les résultats marquants non seulement de la section chimie minérale du CNRS, mais encore en minéralogie et cristallographie<sup>(14)</sup>.

Désormais, certains chercheurs vont se définir comme « cristalochimistes », c'est-à-dire des chimistes associant une connaissance structurale précise à une synthèse intelligente afin d'accroître leur créativité. La figure 4 montre la structure cristalline d'un dérivé des bronzes de vanadium fabriqués à Bordeaux<sup>(15)</sup>.

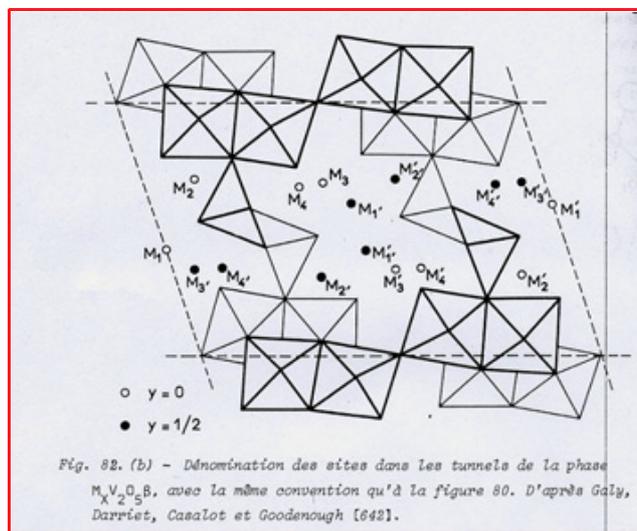


Figure 4 - Structure cristalline d'un dérivé des bronzes de vanadium.

En 1969-70, Galy part en postdoc à Stockholm où il devient l'ami d'Andersson – qui entre-temps a fait un séjour en Australie chez Wadsley – qui l'initie aux analyses structurales fines de microscopie électronique. Celle-ci, à condition de travailler sur monocristal, fournit une information locale à l'échelle de 1 ou 2 Å, tandis que la diffraction des rayons X sur poudres ne donne qu'une information moyenne sur les plans atomiques. En 1969, clichés microscopiques à l'appui, Wadsley et le microscopiste australien Alpress avaient mis en doute l'interprétation thermodynamique et macroscopique de la non-stœchiométrie. Selon eux, l'interprétation qui stipule une répartition macroscopique de lacunes d'oxygène (sous-tendue par la notation  $WO_{3-x}$ ) est incorrecte parce que le cristal se réarrange, localement, en une multitude de microdomaines, de structures et compositions stœchiométriques données. Leurs clichés de microscopie *montrent* les cisaillements cristallographiques qui séparent deux microdomaines. Au cours des années 70, malgré les injonctions de Galy, Hagenmuller renâclera à implanter la microscopie électronique à Bordeaux et ne prendra pas part à la controverse internationale qui opposera l'école structurale australo-suédoise à l'école britannique, emmenée par J.S. Anderson, sur la question des « intergrowths ». Lorsque la vision cristallographique l'emporte, on parle de « défauts étendus »<sup>(16)</sup>. En se détournant de la microscopie électronique, Hagenmuller laisse le champ libre à d'autres laboratoires français, en particulier celui d'Alfred Deschanvres à Caen, où Bernard Raveau et Maryvonne Hervieu, héritiers lointains de la « Chrétienté », développeront avec succès l'approche structurale.

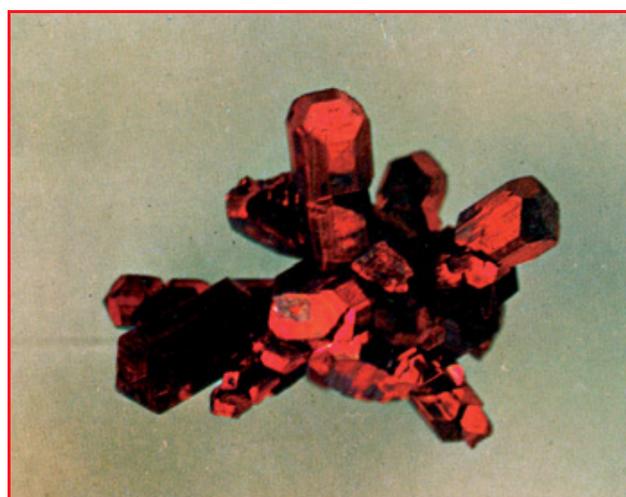
#### Propriétés électriques et magnétiques

Si le « visionnaire » néglige quelque peu la cristallographie, décisive au niveau international, c'est qu'il

préfère se focaliser sur les propriétés physiques. À partir de 1965, il demande à Casalot et Pouchard de monter un ensemble de caractérisations physiques. Suite à des stages d'apprentissage – à Grenoble chez Bertaut ou en magnétochimie chez Pacault –, ils mettent en place des mesures électroniques, de pouvoir thermoélectrique (effet Seebeck) et construisent des balances magnétiques plus performantes. Les chimistes peuvent ainsi étudier directement certains phénomènes physiques sans recourir en permanence aux physiciens. Cependant, pour les caractérisations trop pointues, ils intensifient les collaborations avec le Laboratoire de physique des solides d'Orsay (Friedel) sur les propriétés de transport électronique, avec les électrochimistes de Grenoble sur les propriétés de transport ionique, et avec le Laboratoire d'électrostatique et de physique du métal de Grenoble (Néel) sur les propriétés magnétiques. Peu à peu, les chimistes apprennent à parler le langage des physiciens et certains s'intéressent de plus en plus à leurs débats théoriques. Par exemple, en faisant varier la proportion de lithium dans les bronzes de vanadium, le matériau présente une transition métal-isolant, phénomène du plus haut intérêt pour les physiciens des solides. Nevill Mott et Goodenough viennent alors souvent à Bordeaux pour confronter leurs modélisations théoriques de la transition aux mesures expérimentales, rendues possibles au laboratoire par la conjonction d'une synthèse performante et des mesures physiques mises en place. Dans le même temps, les chimistes se familiarisent avec la théorie des bandes, chère aux physiciens des solides.

#### Cristallogenèse

Ce n'est pas encore suffisant. À la suite du développement de l'électronique des semi-conducteurs dans les années 50, les physiciens se sont habitués à travailler sur les monocristaux parce qu'ils permettent d'une part de s'affranchir des inhomogénéités présentes dans les polycristaux (joints de grain, porosité) – ce qui accroît la précision d'observation jusqu'à l'atome – et d'autre part, de mesurer l'anisotropie éventuelle des propriétés physiques sans l'effet de moyenne isotrope, induite dans les polycristaux par le grand nombre de microdomaines aléatoirement orientés. Or les composés ioniques ne « poussent » pas aussi facilement sous forme monocristalline que les semi-conducteurs (germanium ou silicium). En



Cristaux du bronze oxygéné de tungstène  $Na_{0,60}WO_3$  préparés par électrolyse de tungstate fondu.

France, Collongues et Trombe y travaillent depuis le début des années 60. Les « Bordelais » doivent aussi se jeter dans l'aventure s'ils désirent garder leur indépendance vis-à-vis des autres écoles et continuer d'être courtisés par les physiciens. À partir de la fin des années 60, un intense programme de cristallogénèse est donc lancé pour fabriquer des monocristaux ioniques. Pour éviter de se retrouver sur les terres fermement tenues par les concurrents français, Hagenmuller fait jouer ses relations internationales, contacte Wold à Providence (E.-U.), et Pouchard part six mois aux États-Unis se former sur une technique peu pratiquée en France : le « transport en phase vapeur » (1968). Ainsi, entre 1966 et 1972, un service de cristallogénèse est monté au laboratoire pour développer non seulement les hautes températures et la synthèse à partir de mélanges en fusion (déjà maîtrisées par d'autres chimistes en France) mais encore, de manière innovante, les hautes pressions, sous la conduite de Rault. En 1974, il s'associe officiellement avec le Laboratoire de physique cristalline de Jean-Pierre Chapelle (Orsay) et celui des hautes pressions (Bellevue) pour former un service propre du CNRS « de diffusion de la technologie des matériaux » (SDTM). À la croisée de trois groupes, le SDTM aura pour objectif de fournir la communauté nationale en matériaux solides – dont des monocristaux – de la meilleure qualité possible.

### Évolution méthodologique

L'exemple des bronzes de vanadium est intéressant pour au moins trois raisons. Tout d'abord, il correspond à l'un des domaines – les « composés d'insertion » non-stœchiométriques – pour lequel le laboratoire bordelais est le plus reconnu. Deuxièmement, il permet de mettre en évidence la méthode déployée par Hagenmuller et ses élèves au cours des années 60 : maîtrise des hautes températures et hautes pressions pour la synthèse, développement de la diffraction des rayons X associée à l'informatique, mise en place de caractérisations physiques et ouverture vers la théorie des bandes. Moteur du rapprochement avec la physique, le professeur répète à l'envi à ses jeunes collaborateurs : « *Faites de la physique, pour pouvoir dialoguer avec les physiciens, faites des cristaux pour pouvoir travailler avec eux.* » Pour garder son autonomie, le chimiste doit en effet se distinguer par sa capacité à fabriquer de la nouveauté et c'est le troisième point. Les bronzes de vanadium montrent comment, en partant de la substitution d'un seul élément, le lithium ( $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ ), les recherches deviennent systématiques : d'abord  $x$  varie de 0 à 1 (1964) puis, par la suite, le lithium est remplacé par d'autres alcalins, des alcalino-terreux et métaux de transition (Cu, Zn, Ag, Cd) pour former des composés du type  $\text{M}_x\text{V}_2\text{O}_5$  et  $\text{M}_y\text{V}_3\text{O}_8$ , avec des degrés d'oxydation qui sont respectivement ( $\text{V}^{3+}$ - $\text{V}^{4+}$ ) et ( $\text{V}^{4+}$ - $\text{V}^{3+}$ ). D'autres raffinements conduisent le groupe dirigé par Galy à se pencher sur les bronzes mixtes V/Mo, V/W, ou à substituer l'oxygène par le fluor pour fabriquer des bronzes oxyfluorés ( $\text{Na}_x\text{V}_2\text{O}_5\text{-yF}_y$ ). Comme quadriller l'espace des possibles est humainement impossible (malgré les énormes moyens du laboratoire), tout le génie du cristallogénésiste réside donc dans le choix, l'induction, la supputation des composés les plus intéressants.

Les changements opérés pour les bronzes de vanadium et leurs dérivés sont réperables en suivant l'évolution des titres des thèses d'État dirigées par Hagenmuller durant deux décennies (1956-76) (figure 5). Du début des années 60 et de son approche chimique – la synthèse et la référence

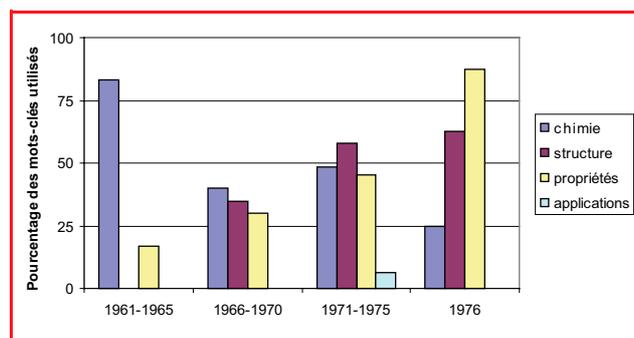


Figure 5 - Évolution du titre des thèses d'État (1956-1976).

L'axe des ordonnées indique le pourcentage de titres faisant référence à tel mot-clé (chimie, structure, propriétés ou applications). Celui des abscisses permet de suivre l'évolution des titres par périodes de cinq ans.

aux phases nouvelles sont omniprésentes –, on passe progressivement durant la décennie (1966-75) à une affirmation des questions structurales et à l'émergence des propriétés physiques. La tendance est pleinement confirmée par l'année 1976 où les proportions (87 % propriétés et 62 % structure) se trouvent complètement inversées par rapport aux années rennaises. Les applications ne percent pas durant ces années en tant qu'objectif affiché : seuls deux énoncés précisent une application industrielle (1971-75) ; leur présence est sous-jacente. Les solides découverts à Bordeaux peuvent par exemple inspirer les industriels. Ainsi, au milieu des années 70, des Américains comme Stanley Wittingham (Exxon) utilisent les bronzes de vanadium au lithium pour tenter de fabriquer des batteries solides dans lesquelles l'ion  $\text{Li}^+$  conduirait le courant dans une matrice  $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ .

À partir d'un paradigme chimique et descriptif – synthèse et réactions chimiques – hérité de la « Chrétienté », Hagenmuller a orienté sa méthode vers une conception bien différente, ancrée sur la relation entre la structure et les propriétés physiques des composés solides. Les thèmes de l'époque rennaise ont été poursuivis : oxydes, hydrures, halogénures, puis peu à peu diversifiés vers les oxyfluorures, borures et siliciures, suivant les choix thématiques personnels des « lieutenants ». D'une chimie minérale en solution de facture classique, le laboratoire est passé à une chimie « moderne », que l'on qualifie de plus en plus de « chimie du solide » à la fin des années 60.

## L'âge mandarin : l'avènement de la chimie du solide (1969-1986)

### La puissance institutionnelle au service de l'école de recherche bordelaise

Parallèlement à l'évolution méthodologique des années 60, Hagenmuller travaille aussi à la reconnaissance institutionnelle de son laboratoire. En 1964, il présente au Comité national le projet d'un « Institut de chimie structurale appliquée à l'étude des propriétés du solide » à Bordeaux, qui obtient à peine plus de la moitié des suffrages. Deux ans plus tard, le laboratoire est associé au CNRS dans la première vague des laboratoires associés et est renommé « Laboratoire de chimie minérale et structurale ». Être associé au CNRS résonne autant comme un label de qualité que comme la promesse d'espèces sonnantes à venir. En

1969, Hagenmuller présente un nouveau projet visant à devenir laboratoire propre de « chimie du solide » cette fois-ci. Une estimation du projet, qui envisage la construction d'un nouveau bâtiment (5 500 m<sup>2</sup>, 7 MF) et l'achat d'équipements supplémentaires (2,3 MF), est chiffrée autour de dix millions de francs (soit autant d'euros en 2006). Pourtant, l'essai n'est que partiellement transformé. En effet, au début des années 70, le CNRS décide le gel des projets immobiliers. Au lieu de bâtiments neufs, on rénovera ou on réaménagera les locaux anciens. En 1974, le laboratoire bordelais devient entité propre du CNRS comme Laboratoire de chimie du solide (LCS). Son dynamisme est extraordinaire. En une vingtaine d'années (1961-82), ses effectifs ont été multipliés par neuf, passant d'une douzaine de membres à cent quinze. Un tel taux de croissance est triple de celui du CNRS, qui connaît pourtant son « âge d'or » de croissance. Il doit être relié à divers facteurs : une politique du CNRS favorable aux unités propres et à la province, des engagements pris par l'université bordelaise lors du déménagement de 1961, de bons résultats scientifiques, une première génération d'étudiants brillants et, dernier facteur mais non le moindre, l'exceptionnelle personnalité d'un homme rude en affaire, manipulateur redoutable et implacable en commissions. Hagenmuller siègera sans interruption de 1960 à 1986 quai Anatole France, au Comité national du CNRS – en étant deux fois président de section – et au Conseil national des universités (CNU) à partir de 1970.

S'il sait imposer son laboratoire à l'extérieur, il l'organise aussi en interne avec un double souci d'efficacité et de pragmatisme. À mesure que le laboratoire croît, on glisse de l'agrégation informelle des nouveaux thésards autour d'anciens qui ont su développer des thèmes propres vers une organisation institutionnalisée, articulée en groupes. Les étudiants de la première génération (rennaise) et de la deuxième (bordelaise), devenus chefs de groupe, dirigent et orientent les générations suivantes. Selon le rapport d'activité de 1975, le laboratoire rassemble quatre-vingt-dix membres et s'organise de la manière suivante. Un service technique d'une quinzaine de personnes assure une intervention transversale pour satisfaire les besoins communs : cristallographie, programmation, élaboration d'appareils, cryogénie (basse température pour les mesures), atelier, secrétariat... Les agrégats thématiques sont devenus des groupes institutionnalisés – une douzaine – de manière à optimiser l'amplitude des recherches couvertes et leur complémentarité. On peut les classer suivant trois types, dédiés à un élément chimique, une propriété physique, une technique (voir *tableau II*).

Au niveau hiérarchique, Hagenmuller dirige fermement le laboratoire à travers ses lieutenants de la première heure qui relient le sommet à la base de l'édifice. L'organisation reste cependant souple et nombre de chercheurs travaillent à cheval sur plusieurs groupes suivant les thèmes ou les « affinités électives ». Jusqu'aux années 70, le recrutement des thésards et des permanents est plutôt local, soit à l'Université, soit à l'École de chimie, ce qui favorise un apprentissage endogène des savoirs et savoir-faire. Que ce soit en amphithéâtre – par Hagenmuller au début puis les premiers enseignants-chercheurs – ou à la paillasse – par les différents médiateurs détenteurs du savoir (anciens et techniciens) –, la formation reproduit les idées-forces du patron et homogénéise le cénacle bordelais, qui peut être défini comme une « école de recherche »<sup>(17)</sup> jusque dans les années 80. En effet, malgré les changements successifs qui

Tableau II - Champs de recherche du LCS en 1975.  
Entre parenthèses : nombre de personnes dans l'équipe.

<b>Élément chimique</b>	fluor bore et alliages nitrures et oxynitrures oxydes hydrogène	Portier (19) Roger Naslain (9) Jean Étourneau (5) Le Flem (10) Michel Devalette (5)
<b>Propriété physique</b>	ferroélectricité conductivité ionique conduction et transitions isolant-métal mesures magnétiques optiques thermodynamique	Jean Ravez (6) Jean-Maurice Reau (4) Villeneuve (5) Michel Pouchard (13) Claude Fouassier (5) Marc Onillon (3)
<b>Technique</b>	hautes pressions	Paul Hagenmuller (4)

affectent le laboratoire (noms, lieux, institutions), une identité collective forte se construit entre ceux que l'on appelle désormais « les Bordelais » et les autres écoles à Paris mais aussi à Rennes, Lyon, Bellevue... À soi, on oppose l'autre : chaque école serait ainsi détentrice d'un savoir homogène, endogène, filial, qui la distingue des clans rivaux et de leurs méthodes distinctes.

Au cours des années 60, l'école de recherche « hagenmullerienne » se focalise sur l'analyse structurale puis, au cours des années 70, devient la championne des caractérisations physiques, probablement au détriment de la cristallographie<sup>(18)</sup>. En 1977, Hagenmuller définit son travail comme l'étude de la relation entre composition/structure et propriétés physiques/mécaniques des solides. La connaissance de la liaison chimique en constitue la pierre angulaire. Il situe sa propre originalité dans le caractère prédictif de cette approche qui permet, cherchant une propriété physique, d'induire une composition/structure convenable. Il s'agirait donc d'une inversion de la polarité traditionnelle de structure → propriétés vers propriété → structure. Il y a loin pourtant entre le vœu pieux d'un programme de recherche et la recherche quotidienne. La prédiction dépasse rarement le niveau de l'analogie et les « Bordelais » doivent poursuivre leur synthèse systématique des compositions. D'autre part, la recherche fondamentale se double en permanence d'une volonté de répondre aux demandes de la société en applications industrielles.

### **Une science dépendante de la société et ouverte sur le monde**

Hagenmuller n'est pas idéologiquement opposé aux applications de la science à l'économie. Pourtant, durant les années 60, peu d'efforts sont engagés vers les industriels. Les Trente Glorieuses assurent une telle croissance économique en France que les laboratoires abondent en financements de l'État, via le CNRS et le ministère de l'Éducation nationale. Certes, Bordeaux collabore sur des sujets dits fondamentaux avec des chercheurs américains, eux-mêmes souvent financés par le Département de la défense américain (Goodenough ou Wold) ou par des firmes privées. Avec un cristallographe de General Electric, John Kasper, les « Bordelais » participent à l'élucidation de la structure de clathrates de silicium (M<sub>8</sub>Si<sub>46</sub>), découverts à Bordeaux en 1965. Mais mis à part quelques cas ponctuels, les recherches appliquées ne sont pas prioritaires.

Au début des années 70, les choses changent pour l'ensemble de la communauté de chimie du solide. Au niveau du laboratoire, on commence à participer aux actions incitatives du CNRS<sup>(19)</sup>. Hagenmuller dirige l'une des dernières RCP (Recherches coopératives sur programme) (1970-73), qui porte sur les « propriétés physiques des composés fluorés ». À partir de 1971, les « Bordelais » participent à diverses ATP (Actions thématiques programmées) : « matériaux » (1972), « énergie » (1974), « relations structures/propriétés physiques » (1975). Outre l'apport financier important, ces projets à vocation multidisciplinaire permettent de poursuivre et d'amplifier les collaborations avec les physiciens, cristallographes ou métallurgistes qui avaient été développées de manière personnelle au cours des années 60. Un changement qualitatif s'opère lorsque le laboratoire commence à interagir avec les Actions concertées (AC) de la Direction générale de la recherche scientifique et technique (DGRST)<sup>(20)</sup>. En effet, plus tournées vers les applications que les actions du CNRS, les AC associent universitaires et industriels autour d'une question économique prioritaire. Le pôle bordelais s'intègre à plusieurs AC : « composés non métalliques » (1969), « physique électronique » (1974), « hydrogène » (1976).

Au moment du choc pétrolier en 1973, puis de la crise économique subséquente, le laboratoire s'engage à résoudre des problèmes énergétiques, en particulier liés au stockage d'énergie (hydrogène et électrochimique) et à la conversion d'énergie solaire. Les solides minéraux jouent aussi un rôle dans la réalisation de piles à combustible nécessitant un « électrolyte solide ionique ». Trois groupes du LCS – fluor, conductivité ionique et hydrogène – tirent leur épingle du jeu grâce aux incitations industrielles du CNRS et de la DGRST ainsi que de collaborations avec Gaz de France ou la Compagnie générale d'électricité (CGE), future Alcatel. Ils travaillent à la fabrication de matériaux ciblés, appliqués. En particulier, un hydrure de magnésium pour le stockage chimique et un fluorure double de plomb et de bismuth,  $PbSnF_4$ , pour les piles à combustible assurent la renommée industrielle de Hagenmuller, bientôt connu comme le « Monsieur hydrogène » français.

De manière concomitante aux baisses de financements non contractuels au début des années 70 se développe un discours sur la responsabilité des scientifiques vis-à-vis de la société, responsabilité qui se traduit au début sur les seules questions économiques<sup>(21)</sup>. Malgré quelques annonces, le souci écologique par exemple ne constitue pas une priorité à ce moment-là. Alors qu'elle est sous-tendue par une baisse des crédits récurrents, la collaboration industrielle est rapidement présentée comme un moyen d'enrichir les travaux universitaires par de nouvelles thématiques.

Outre l'énergie, le laboratoire multiplie les contrats avec les entreprises industrielles, en chimie minérale (Elf-Atochem, Saint-Gobain, Rhône-Poulenc ou BASF – oxydes de chrome), pharmaceutique (Aventis), métallurgie (Pechiney), militaire (Direction des recherches et des moyens d'essais – DRME) ou électronique (Thomson, Thalès, IBM, Centre national d'études en télécommunications – CNET). Jean-Claude Launay va collaborer avec le Centre national d'études spatiales (CNES) et son département d'« Élaboration des matériaux dans l'espace » sur des questions de cristallogénèse d'oxydes de vanadium en apesanteur. À partir de 1982, le laboratoire participera activement au Programme interdisciplinaire de recherche sur les matériaux (PIRMAT), mettant universitaires et industriels en étroite relation. Depuis 1975, Roger Naslain et son équipe nouent

des liens de plus en plus forts avec la Société européenne de propulsion (SEP), filiale de la Snecma, autour de matériaux composites à base de borures. Cette collaboration se solde, en 1988, par la création du Laboratoire des composites thermostructuraux (LCTS), unité mixte associant le CNRS, l'Université de Bordeaux et la SEP sous la direction de Naslain.

Principale conséquence du rapprochement avec les applications : la visibilité des « Bordelais » par les industriels croît ainsi que la fréquentation des thésards dans les centres R & D. Or, la fin des années 70 est marquée par une baisse des recrutements à l'Université et au CNRS, ce qui permet de réorienter les jeunes docteurs vers l'industrie. Et justement, le laboratoire a pu être qualifié d'« usine à thèses » : en vingt-cinq ans (1961-86), environ trois cents thèses y ont été soutenues, volume trop important pour être absorbé par le seul système universitaire. Au contact des industriels durant un stage ou une thèse, les thésards, qu'ils soient ingénieurs ou universitaires, peuvent être recrutés plus facilement<sup>(22)</sup>. Réciproquement, en plaçant ses thésards dans l'industrie, le laboratoire multiplie les interlocuteurs possibles pour l'avenir<sup>(23)</sup>. Chacun des deux partis tire des profits de l'association. Hagenmuller est partie prenante de cette ouverture vers les applications industrielles : co-auteur d'une quarantaine de brevets au cours de sa carrière, consultant scientifique auprès de l'Agence nationale de valorisation de la recherche du CNRS (ANVAR) en 1973, seul membre étranger du Science advising committee d'IBM en 1984.

Cette position stratégique chez IBM reflète la plus grande force du patron bordelais : son ouverture internationale et la reconnaissance mondiale qui en a découlé. Sans conteste, il a été le solidiste français de sa génération le plus connu à l'étranger. Marqué par ses expériences de jeunesse – déporté puis exilé –, doué pour l'apprentissage des langues, à l'aise à l'oral, Hagenmuller est intimement convaincu de la dimension internationale, quasiment universelle, de la science. Il n'a de cesse durant sa carrière de se faire connaître et de montrer son laboratoire au monde entier : congrès international de Bordeaux (1964), participation au comité de rédaction de revues internationales (à partir de 1966), communications orales (congrès et dans les laboratoires). Les innombrables collaborations internationales qu'il encourage sont marquées par une vision gaullienne du monde : attaché à l'Europe des patries, pragmatique dans la guerre froide, concerné par le tiers monde. Très tôt, il œuvre à une réconciliation avec le peuple allemand (voyage de 1960), puis co-organise avec Klemm le premier congrès européen de chimie du solide, à Strasbourg (1978). Si durant l'été 1965, il rend visite à Goodenough au Lincoln Laboratory, financé par les militaires états-uniens, il commence à collaborer avec les pays du Pacte de Varsovie dès 1968. Influencé par l'héritage colonial de la France, il pense la métropole dans un rôle de civilisation et de rayonnement francophone. Son attirance pour l'étranger est viscérale, il voyage sans compter : Maroc, Algérie, Tunisie, Israël, Togo, Cameroun, Brésil, Argentine, Chili, Inde, Sri Lanka, Chine, Malaisie, Vietnam, Corée du Sud... Thésards et postdocs affluent, souvent avec une bourse financée par leur pays d'origine. En 1997, il est élu membre associé de l'Académie des sciences du tiers monde. Les postdocs japonais sont légions en Aquitaine, à tel point qu'une association « Japon-Bordeaux, chimie du solide » a été créée par les anciens élèves de Bordeaux – une quarantaine – qu'Hagenmuller co-préside avec le professeur Yamamoto de Nagoya.

Durant les décennies 70 et 80, le centre bordelais est le laboratoire de chimie du solide à l'échelle nationale et internationale. Officiels et chercheurs y affluent<sup>(24)</sup>. Le résultat des échanges internationaux tous azimuts est d'autant plus incroyable que le premier article rédigé en anglais date de 1965 (sur les clathrates avec Kasper dans *Science*) et que ce n'est pas avant 1976 qu'une part significative des publications – supérieure à 10 % – est écrite en anglais. N'est-ce pas un indice de la force d'une chimie du solide bordelaise, et plus généralement française, qu'elle est suffisamment attractive pour être lue en français ?<sup>(25)</sup>. Entre 1970 et 1975, Hagenmuller est reconnu par les trois académies des sciences allemandes (Göttingen, Léopoldina, RDA), puis par la soviétique, confirmant ainsi l'adage suivant lequel nul n'est prophète en son pays (il ne sera élu que « correspondant » en 1978 à l'Institut de France). Les années 80 marquent une apothéose internationale tant dans les salons académiques de nombreux pays ou leurs universités prestigieuses que dans les rues de Bangalore où il est l'ami des chauffeurs de taxi<sup>(26)</sup>.

### Essaimage hexagonal et ambition disciplinaire

S'il a des amis, Hagenmuller s'est aussi fait de nombreux ennemis. S'il n'est pas élu membre de l'Académie des sciences, c'est qu'il en a au moins un, ferme, puisque l'opposition d'un seul académicien suffit à fermer les portes du quai Conti. On ne construit pas un tel empire social sans provoquer des inimitiés. Au niveau national, il ne suit pas une stratégie éditoriale. Il faut attendre 1988 pour que, du bout des lèvres, il accepte la demande de son vieux maître de reprendre la *Revue de chimie minérale*, fondée en 1964 et menacée de disparition. Il sert alors de prête-nom comme éditeur et la transforme en un *European Journal of Solid State and Inorganic Chemistry*<sup>(27)</sup>. Pour étendre son influence en France, il a choisi une autre voie. Tout en œuvrant dans les antichambres des institutions à Paris ou à Bordeaux, Hagenmuller encourage sur le terrain un peuplement large de ses héritiers sur le territoire national en évitant la région parisienne, déjà surpeuplée. Il place ainsi avec soin ses anciens doctorants dans les universités provinciales. Il profite du mouvement de régionalisation de la science universitaire au cours des années 60. Si le territoire compte une petite vingtaine d'universités et 3 500 enseignants vers 1950, on dénombre 90 universités et 60 000 enseignants en 1995<sup>(28)</sup>.

Nantes, dont l'université vient d'être refondée entre 1959 et 1962, est la première ville colonisée. En 1963, de retour de son service national en Algérie, Rouxel y décroche un poste de maître de conférences. Aux portes de la Bretagne, il poursuit l'étude des sulfures métalliques de la période rennaise – à la suite des travaux de Flahaut qui a défriché le terrain au cours des années 50 –, mais l'enrichit considérablement en développant les chalcogénures de « basse dimensionalité ». Trois ans plus tard, en 1966, Tournoux vient rejoindre Rouxel pour diriger un groupe de cristallographie des oxydes métalliques, d'abord orientée vers le thallium. Les deux groupes fusionneront bientôt pour former un laboratoire associé au CNRS, dirigé par Rouxel : le « Laboratoire des structures bidimensionnelles et rôle stéréochimique des doublets solitaires » (1974). L'essaimage se poursuit efficacement. Hardy est déjà professeur à Poitiers en 1969. De Pape laisse la direction du groupe du fluor à Portier, puis à son élève Alain Tressaud, et part fonder le Laboratoire des fluorures au Mans. Casalot et Galy

quittent l'Aquitaine en 1975 et, même s'ils y sont poussés par des problèmes d'incompatibilité avec le maître, vont participer à la propagation de l'école de recherche : le premier à Marseille où il prend la direction du Laboratoire de physico-chimie des matériaux dans des conditions matérielles difficiles, le second à Toulouse où il intègre le Laboratoire de chimie de coordination (LCC) de Fernand Gallais, puis dirige le Centre d'élaboration des matériaux et d'études structurales (CEMES). Naslain s'associe à la SEP pour monter le Laboratoire des composites thermostrostructuraux en 1988. Bernard Frit et Jean-Pierre Bonnet rejoignent Limoges pour recréer un Laboratoire de céramiques nouvelles. Jean-Marie Tarascon, ancien élève d'Étourneau émigré aux Laboratoires Bell pendant douze ans, remplace Michel Figlarz (décédé en 1994) à la direction du Laboratoire de réactivité et chimie du solide à Amiens. De plus, sans forcément prendre la direction d'un laboratoire, de nombreux docteurs bordelais intègrent un peu partout en France d'autres équipes universitaires, contribuant ainsi à la propagation de l'influence « hagenmullerienne ». Marc Drillon rejoint Strasbourg et le laboratoire de Jean-Claude Bernier, ancien élève de Michel, pour y développer des matériaux hybrides organique-inorganiques, plus proches de la chimie moléculaire. L'école de recherche hagenmullerienne associe un lobbying des institutions parisiennes à un développement dans les laboratoires provinciaux, mélange détonnant et original, qui profite d'une volonté politique de décentralisation de l'État jacobin. Si le LCS en constitue le creuset principal, l'école de recherche fondée par Hagenmuller le dépasse largement, non seulement en France mais encore à l'étranger.

Pendant que Hagenmuller développe avec une abnégation de directeur-fondateur son laboratoire, qu'il participe à de nombreux jurys de thèse, ses anciens élèves dispersent la bonne parole aux quatre coins de l'hexagone et outre-Mer, dans l'industrie ou les universités. Il est temps alors pour le patron bordelais de façonner sa propre statue de fondateur de la chimie du solide. L'expression « chimie du solide » couramment employée à Bordeaux (et ailleurs) depuis la fin des années 60 doit devenir synonyme de Bordeaux. Le patron commence à la définir explicitement à partir de 1975. À chaque nouvelle notice qu'il rédige, il associe toujours plus étroitement la chimie du solide à sa propre méthodologie et à sa personne, en effaçant les devanciers ou les contemporains<sup>(29)</sup>. Au cours des années 80, il se sent suffisamment fort socialement pour revendiquer la paternité de la chimie du solide en France, et sa co-paternité avec Goodenough au niveau international. Il est vrai qu'il domine alors car il est omniprésent dans les institutions : président du Comité de prospective de chimie du solide et de métallurgie (1974-77), président-fondateur de la division Chimie du solide et métallurgie de la Société Française de Chimie (1977-78), promu correspondant à l'Académie des sciences (1978), et surtout deux fois président de section du Comité national du CNRS, « chimie des matériaux solides » (1976-79) puis « chimie et physico-chimie des matériaux inorganiques » (1983-86). Il en profite pour imposer sa perspective historique, son point de vue dans les commissions auxquelles il participe. En 1988, il décrit la chimie du solide comme « la discipline qui définit les corrélations entre la composition et la structure des matériaux et leurs propriétés physiques ou mécaniques [corrélations qui permettent in fine de] prédire [les] propriétés [du solide], donc de les améliorer en modifiant les données de départ », ce qui n'est autre que la méthodologie qu'il a

voulu appliquer à partir du milieu des années 60. Ses propres élèves devenus à leur tour influents servent de relais à cette version édulcorée de l'histoire. La statue du fondateur est bientôt fondue dans le bronze de la matière (voir *figure 6* en dernière page du dossier).

## En guise de conclusion

En 1986, Hagenmuller est contraint par la règle dite des douze ans, instituée par le gouvernement socialiste en 1982, de quitter la direction du laboratoire bordelais. Il a le sentiment d'être injustement chassé pour de fallacieuses tracasseries administratives d'un laboratoire qu'il a créé vingt-cinq ans plus tôt et pour lequel il a donné sa vie. De plus, jugé trop difficile à manœuvrer vu sa carrure, il est rapidement mis à l'écart. Au début des années 90, suivant une tendance nouvelle de l'administration de la recherche, la nouvelle direction lance un projet d'institut entre le CNRS, le ministère de l'Éducation nationale, la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR) et les collectivités locales<sup>(30)</sup>. En 1995, l'Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux (ICMCB) est inauguré en grande pompe. Son département de tutelle du CNRS est celui des sciences chimiques mais il est aussi lié aux sciences de l'ingénieur et à la physique. Hagenmuller récuse la pertinence de cette création. Quoiqu'il en soit, elle marque la transition d'une chimie du solide, clairement définie, portée par une communauté forte, vers la science des matériaux, nébuleuse plus difficile à cerner. Les matériaux recouvrent, sous un voile rhétorique utilisé par les politiques et les industriels, une multitude de communautés académiques juxtaposées : polymère, moléculaire, solide minéral, hybrides, complexe de coordination.

Qu'est devenue alors, à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, cette chimie du solide défendue par Hagenmuller et les autres mandarins de sa génération ? Toujours pratiquée par certains, elle a perdu son hégémonie des années 70. Désormais, elle est considérée comme une branche traditionnelle en chimie du solide, focalisée sur le cristal seul et les hautes températures. À ses côtés, des alternatives se sont imposées pour renouveler la créativité en chimie du solide : chimie douce, chimie des hybrides, basse dimensionnalité, solides poreux, verres non conventionnels... Autant de voies qui, tout en stimulant la chimie du solide, posent la question de sa pérennité. La chimie du solide va-t-elle se disperser dans un ensemble plus vaste qui pourrait englober les matériaux, voire la matière condensée ? Vaste question qui concerne une autre histoire.

L'histoire du laboratoire de Bordeaux est un cas exemplaire de communauté locale forgée autour d'une personnalité, Paul Hagenmuller. Par sa stature scientifique, son esprit d'entrepreneur, son sens politique, sa force de persuasion musclée, il a su monter une équipe associée à un projet fort et cohérent, et rayonner. Ce n'est pas lui faire offense que d'écrire qu'il a construit un empire scientifique sur une mer pleine (de concurrents) en naviguant à vue (par rapport à ce qui se faisait ailleurs), changeant de cap par stratégie (édition internationale mais lobbying national) ou par hasard, en suivant des intuitions (physiciens, instruments), en prenant garde aux sirènes industrielles (crise économique) tout en sous-estimant (comme la plupart) les écueils écologiques. Hagenmuller a insufflé une logique systématique à son laboratoire, qu'il a organisé pour quadriller au mieux l'espace élémentaire du tableau périodique, ce qui a finalement conduit à la synthèse d'un nombre incalculable

de composés nouveaux à Bordeaux (plus ou moins intéressants d'ailleurs). Quand un personnage prend autant de place dans un monde universitaire, certes ouvert mais fortement contingenté en ressources, il est plus que probable que l'entreprise s'accompagne d'un étouffement, d'une restriction de l'espace vital pour les concurrents, et d'un inextinguible sentiment d'injustice. Je crois n'avoir pas assez insisté sur l'envers du décor, mais les témoignages des concurrents sociaux en disent long là-dessus.

Intelligent et brillant, Hagenmuller est un travailleur acharné, un voyageur infatigable. Curieux, il s'est frotté au monde, aux cultures, mais encore plus aux êtres humains. Il a forgé sa personnalité au travers de quelques épreuves de l'histoire tragique du XX<sup>e</sup> siècle – nazisme, colonialisme et stalinisme –, ce qui l'a indubitablement endurci. Pragmatique, il a su tirer parti des grands mouvements de balancier de son époque – capitalisme/communisme, fondamental/appliqué, Paris/province, physique/chimie – et il a adhéré pleinement au gaullisme des années glorieuses. En contrepartie, il est resté sourd à certaines des mutations en cours dans les laboratoires : la place des femmes en recherche – aucune chercheuse ou presque durant les dix premières années ! –, le rôle des techniciens, l'ouverture démocratique contre la tradition hiérarchique (très forte en France). Il a refusé certaines évolutions autour de lui : microscopie électronique, étude de la matière amorphe, mise en forme... Avidé de pouvoir, il a souvent imposé ses volontés, écrasé bien des concurrents ; il a beaucoup joué avec les hommes, qui en contrepartie se sont quelquefois joués de lui. Il n'a pas réussi sa succession, s'est brouillé avec certains de ses élèves. Par calcul politique, il a su se créer des occasions, il en a saisi d'autres sans ambages. Habile en rhétorique, il a pu convaincre et il aimait à dire avec humour : « *Je suis amené tellement souvent à écrire que mes élèves sont intelligents qu'ils finissent par le croire.* » Utilisant les ficelles du discours, il a construit une redoutable propagande pour imposer sa vision de la chimie du solide, celle qui se définit suivant sa propre méthode et dont il serait le fondateur. Conteur captivant, féru d'histoire, il a d'ailleurs partiellement atteint son but, surtout parmi ses héritiers, puisque dans l'imaginaire communautaire, il reste le principal pivot du destin qui, « visionnaire », a fait advenir l'avenir à la force de son poignet, de son esprit et de sa langue. Le 16 mai 1997, pour son jubilé, devant le « gratin » de la recherche française et de la communauté internationale du solide, Paul Hagenmuller prononce une phrase extrêmement touchante : « *Je demande pardon à ceux que j'ai pu offenser pendant ma carrière scientifique, quel qu'ait pu être mon désir d'aider les plus faibles et les plus malheureux.* » Phrase admirable qui pourrait en un raccourci fulgurant résumer les tendances du personnage : philanthrope et mégalomane.

Un tel personnage suscite d'épineuses questions pour l'historien. J'en préciserai ici deux qui me tiennent à cœur. Premièrement, il est troublant de voir à quel point on peut réécrire l'histoire en permanence et renverser en peu de temps le rôle de chacun. N'est-ce pas d'ailleurs le meilleur gagne-pain de l'historien ? Mais là, l'anamorphose discursive est édifiante, d'un jeune professeur se réclamant de la chimie minérale « chrétienne orthodoxe » (1960) à un visionnaire rompant avec l'obscurantisme et les préjugés de la tradition pour accomplir le destin de la chimie du solide (1998). Quand on recrée une logique *a posteriori*, quand on supprime le foisonnement contingent de l'instant, il est facile de se dire visionnaire et d'être cru. Mais face à un monde complexe, indéterminé, impossible de savoir ce que sera

l'avenir. Le jeu de la réécriture est sans fin. Le récit proposé ici contient lui-aussi ses idoles, les préjugés des historiens et les miens propres. Il n'oblige pas à renoncer aux idoles que, tous, nous avons façonnées dans nos têtes mais indique leur présence. Savoir que nous cultivons tous nos idoles – celui qui dit ne croire en rien, ne croit-il pas quand même qu'il ne croit pas ? – permet au moins de ne pas nous figer sur le récit que nous attendions et de rester circonspect quand nous entendons parler d'objectivité.

Deuxièmement, cette réécriture est d'autant plus crédible que celui qui, comme Hagenmuller, réécrit est un personnage sérieux, qui a réussi dans un domaine – la science – qui aime à se dire rationnel. Or, être cru, n'est-ce pas finalement avoir raison ? Raisonnablement de sophiste certes mais face à l'introuvable Raison, que reste-t-il comme certitude ? Je gage qu'aucun lecteur ne sera de bout en bout d'accord avec ce texte – je ne prends pas beaucoup de risque –, mais tant mieux ! L'histoire a-t-elle vocation à être plus convergente, plus consensuelle à chaque réécriture ? L'objectif est-il ce récit unique, non problématique, terrible réducteur des possibles sur lequel aurait tranché l'Histoire ? Comment concilier une communauté, qui cherche le vrai par consensus, à une méthode historique de la différence, de la contradiction et de la « mise en intrigue » (Paul Veyne). Qui a raison en histoire – et même en sciences – si ce n'est celui qui est cru ? Pas cru par la seule puissance du verbe comme on le reprochait aux sophistes, mais cru par tout un tas de machinations qui s'agencent bien – « logiquement » ou « rationnellement » ont tendance à dire les scientifiques – : mots, équations, courbes, images. Y a-t-il des témoins du rationnel ? Aucun instrument, aucune théorie n'est, me semble-t-il, parvenu à s'extraire de la subjectivité humaine. Les intermédiaires entre la matière – le solide – et l'entendement humain – les représentations de la matière – sont innombrables. L'histoire des sciences s'attache à les repérer, à décrire leur évolution, mais ne cherche pas à dire l'unique ou le vrai. En histoire comme en politique, la pluralité des discours ne serait-elle pas la condition nécessaire d'une bonne pratique ?

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes ayant contribué à la relecture de cet article : Jean-Claude Bernier, Josette Fournier, Michel Pouchard, Paul Rigny et Annette Tardieu, sans oublier l'équipe de rédaction, ainsi que toutes celles qui m'ont aidé par leur témoignage.

## Notes et références

Les notes complémentaires à cet article et qui ne sont pas reportées ci-dessous sont téléchargeables librement (format pdf) sur le site [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org), page liée à l'article.

- (1) Le mot fait référence aux hauts fonctionnaires lettrés de l'empire chinois. Je l'utiliserai par la suite pour désigner un savant cumulant positions institutionnelles, honneurs académiques et prestige scientifique au sein de l'université. Certains mandarins ont aussi su étendre leur influence au-delà de l'université, en particulier vers le monde industriel et/ou politique.
- (2) Expression empruntée à l'ouvrage de Jacques Friedel, *Graine de mandarin*, Odile Jacob, 1994.
- (3) La « Chrétienté » désigne de manière plaisante et irrévérencieuse la famille scientifique formée autour du maître Chrétien, devenu mandarin de la Sorbonne. Elle est utilisée par les jeunes chercheurs des années 60 qui en sont issus pour l'opposer à la « Chaudronnerie », qui s'est construite autour de Georges Chaudron, autre grand mandarin de l'époque.
- (4) La non-stœchiométrie désigne une composition chimique où les éléments ne sont pas dans des rapports simples. Par exemple, pour  $\text{FeO}_{1-x}$ ,  $x$  peut prendre n'importe quelle valeur réelle. D'abord désignés sous l'appellation « berthollides » dans la science anglo-saxonne (par référence à la controverse entre Dalton et Berthollet), les solides non stœchiométriques sont appelés « phases solides à composition variable » en France après-guerre. On pourra se reporter à un article antérieur sur le travail de Collongues et de son école : Teissier P., « Le

laboratoire de Robert Collongues (1950-2000). Une école de recherche aux débuts de la chimie du solide », *L'Act. Chim.*, 2006, 294, p. 50.

- (11) IRSID : Institut de recherches sidérurgiques (centre de recherche situé à Saint-Germain-en-Laye, créé en novembre 1943 à l'instigation des comités d'organisation de l'Industrie).
- (12) Ceci peut se comprendre dans la mesure où, après-guerre, l'Eldorado des physiciens français est la physique américaine (Pestre D., Sciences physiques et recherche industrielle et militaire en France : un changement historique de régime, *Les sciences pour la guerre. 1940-1960*, A. Dahan, D. Pestre (eds), Éditions EHESS, Paris, 2004, p. 317), tandis que les chimistes ont plutôt défendu une approche propre, européenne, voire hexagonale.
- (13) Contrairement aux polycristaux, agrégats de domaines micrométriques associés aléatoirement les uns aux autres et obtenus par chauffage de poudres, les monocristaux désignent un domaine cristallographique continu et homogène de taille centimétrique (entre le millimètre et le décimètre).
- (14) *Rapport d'activité général du CNRS, 1966*, p. 106, 136.
- (15) Goodenough J., *Les oxydes des métaux de transition* (trad. A. Casalot), Gauthier-Villars, 1973, p. 320.
- (16) En histoire des sciences, on a défini les « écoles de recherche » comme « de petits groupes de scientifiques matures poursuivant un programme de recherche raisonnablement cohérent au côté d'étudiants confirmés, dans le même contexte institutionnel engageant une interaction directe et continue, aux niveaux social et intellectuel. » (Gerald L., Geison G., Scientific change, emerging specialties and research schools, *History of Science*, 1981, 19, p. 20).
- (17) L'évolution bordelaise marque une tendance nationale durant les années 80 : l'intérêt pour la cristallographie décline au profit des études physiques et des applications au moment de l'informatisation des laboratoires de chimie.
- (18) Au début des années 60, le CNRS met en place un nouvel outil de sa politique scientifique : les actions incitatives et contractuelles, afin d'associer des laboratoires venus de disciplines différentes. Dès 1963, suite à une proposition de la section chimie physique, les actions concertées prennent la forme des Recherches coopératives sur programme (RCP) qui visent la résolution d'un « problème ». À partir de 1971, les Actions thématiques programmées (ATP) vont peu à peu supplanter les RCP.
- (19) La DGRST – Direction générale de la recherche scientifique et technique – a été créée en 1959 lors du retour au pouvoir de de Gaulle afin de mettre en place une politique scientifique nationale à vocation appliquée. Les AC (actions concertées), qui datent de 1960, ont d'ailleurs probablement influencé les actions incitatives du CNRS, postérieures.
- (20) La décade des investissements de recherche (publics et privés) s'amorce avant le choc pétrolier, à la fin des années 60. La DIRD (dépense intérieure de recherche et développement) passe ainsi de 2,1 % du PIB (produit intérieur brut) en 1968 à 1,8 % en 1974, période qui correspond au quinquennat de Georges Pompidou.
- (21) À partir de 1986, le groupe des « matériaux oxygénés à valence mixte », dirigé par Pouchard, connaît des difficultés financières et de recrutement. Pouchard, consultant chez Rhône-Poulenc, décide alors de monter un partenariat avec le centre R & D d'Aubervilliers et d'y créer un groupe de recherche. Il y retrouve... Maestro, avec qui il a travaillé lorsque ce dernier était thésard à Bordeaux. La boucle est bouclée !
- (22) Pour exemple, entre janvier 1978 et décembre 1981, 18 « chercheurs français » et 92 « chercheurs étrangers » font un stage long au laboratoire (de un mois à un an) (*Rapport d'activité 1982*, Laboratoire de chimie du solide, 1982, p. 89-96).
- (23) « Raveau est aussi à la source de la meilleure anecdote sur Hagenmuller : lorsqu'il a pris un taxi à Bangalore, le chauffeur, reconnaissant son accent, lui a dit : « si vous êtes Français, vous devez connaître mon ami Hagenmuller. » » (Entretien avec Michel Tournoux, 2006).
- (24) Renaut A., *Les révolutions de l'université. Essai sur la modernisation de la culture*, Calmann-Lévy, 1995.
- (25) La dernière notice que Hagenmuller rédige en 1998 marque la consécration rhétorique de son travail : « Paul Hagenmuller is largely recognized internationally as one of the founders of modern solid state chemistry, i.e. a research field where composition and structure of the materials on one hand, physical or mechanical properties on the other hand can be correlated. » (Hagenmuller P., *Notice de titres et travaux*, 1998, p. 1). Et lui-même aime à dire qu'il a été le « père » de tous les chimistes français et qu'il a fourni son aide à chacun.
- (26) La Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR) dépend du Premier ministre. Les collectivités locales impliquées dans le projet sont le Conseil régional d'Aquitaine, le Conseil général de la Gironde et la Communauté urbaine de Bordeaux.



P. Teissier

### Pierre Teissier

est docteur en histoire des sciences et des techniques de l'Université de Paris 10-Nanterre. Il est actuellement boursier Lavoisier à la Maison française d'Oxford\*.

\* Maison française d'Oxford, 2-10 Norham Road, Oxford, OX2 6SE (Royaume-Uni).  
Courriel : pierreteissier@yahoo.com



Figure 6 - Médaille gravée à l'occasion du jubilé de Paul Hagenmüller en 1997.

**L'Actualité Chimique**

SFC, 250 rue Saint Jacques 75005 Paris

Tél. : 01 40 46 71 64 - Fax : 01 40 46 71 61

[redaction@lactualitechimique.org](mailto:redaction@lactualitechimique.org) - [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)