

l'actualité chimique

Mars
Avril
1994

N°2

ISSN 01519093

■ Bicentenaire LAVOISIER



DUNOD



S O M M A I R E

<i>É D I T O R I A L</i>	■ Lavoisier, chimiste et esprit universel, par C. Fréjacques	3	
<i>C O U R R I E R D E S L E C T E U R S</i>	■ Vulgarisation scientifique, glossaire de cinétique chimique, ...	4	
<i>C O L L O Q U E L A V O I S I E R</i>	■ Paris/Blois, 3-6 mai 1994. Résumés des conférences	5	
<i>B I C E N T E N A I R E L A V O I S I E R</i>	■ 1794-1994, Bicentenaire Lavoisier. 1994, Année de la Chimie	17	
	■ Glossaire	18	
	■ Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794). Repères biographiques et scientifiques, par P. Bret	19	
	■ De la chimie des gaz à la théorie des acides : du rôle de l'oxygène (1772-1779), par D. Fauque	22	
	■ L'eau : la fin d'un élément, par J.-C. Compain	27	
	■ Éléments d'histoire d'un concept disparu : le calorique, par P. Brouzeng, D. Fauque	32	
	■ La balance : un univers de mesure, par B. Bensaude-Vincent	36	
	■ Lavoisier et l'industrie chimique en France, par J.-P. Poirier	40	
	■ Madame Lavoisier, par J.-P. Poirier	44	
	■ La bibliothèque de Lavoisier, par M. Beretta	48	
<i>F I C H E P É D A G O G I Q U E N ° 2</i>	■ Une visite au laboratoire de Lavoisier, par B. Jacomy	52	
	■ Les années Lavoisier de É.-I. Du Pont de Nemours, par J.-L. Tronc	55	
	■ Polyéthylènes linéaires	57	
	<i>L A M A I S O N D E L A C H I M I E</i>	■ Une vocation internationale au service de la vie associative, par G. Roques	63
		■ La Maison de la Chimie et le bicentenaire de la mort de Lavoisier, par J. Hui	64
	<i>F I C H E C A T A L Y S E N ° 3 5</i>	■ Le procédé Wacker/ The Wacker Process	65
	<i>I N D U S T R I E</i>	■ L'industrie chimique française s'attend à une reprise encore limitée en 1994	69
		■ Rhône-Poulenc : bilan 93 en recherche et innovation	70
		■ En bref	72
	<i>L I V R E S N O U V E A U T É S</i>	■	73
■ Appareils		75	
■ Produits et matériaux		78	
■ Protection et sécurité		79	

S F C I N F O

I-VIII



Antoine Lavoisier,
chimiste, 1743-1794
Collection Bertarelli, Milan.



L'Actualité Chimique

Revue de la Société française
de Chimie

250, rue St Jacques, 75005 Paris,
Tél. (33-1) 43 25 20 78,
Fax (33-1) 43 25 87 63,

éditée par Dunod.

Tarifs

L'Actualité Chimique
(7 numéro par an)

Particuliers/Institutions

France	950 FF
Export	1100 FF

Etudiant*

France	360 FF
Export	500 FF

* Sur présentation de la carte d'étudiant

Membres de la SFC

Tarif préférentiel

Rédaction

Rédacteur en chef
Raymond Hamelin

Rédacteur en chef adjoint
Thérèse Chaudron

Rédacteur
Miren Helou

Secrétaire de rédaction, coordination,
réalisation, mise en page
Evelyne Girard

Coordinateur relations extérieures
Gérard Perreau

Comité de rédaction

G. Balavoine (Orsay)
G. Bram (Orsay)
J. Buendia (Roussel Uclaf)
P. Caro (Cité des Sciences)
D. Decrooq (IFP)
J.-P. Foulon (lycée Henri IV)
J.-P. Guetté (CNAM)
R. Hamelin (SFC)
J.H. Lefour (Ecole polytech-
nique)
P. Leprince (IFP)
J.-C. Mendelsohn
(Elf Atochem)
G. Montel (INP, Toulouse)
R. Ouliac (Rhône-Poulenc)
G. Ourisson (ULP, Strasbourg)
A. Picot (ICSN, Gif-sur-Yvette)

Publication analysée par
Chemical abstracts service
indexée dans la base de
données PASCAL.

Édition

DUNOD Editeur
15, rue Gossin
F. 92543 Montrouge Cedex
Tél.: (33-1) 40 92 65 00
Fax: (33-1) 40 92 65 97

Coordination éditoriale
et fabrication
I. Margerin et J.-F. Timmel

Maquette
Andréas Streiff

Imprimerie
AGP - 28240 La Loupe

ISSN 0151 9093
Commission paritaire en cours

Publicité
Mercura Press
38, rue du Château des Rentiers
75013 Paris
Tél. : (33-1) 44 24 25 99

Abonnements
Dunod-Abonnements
15, rue Gossin
F-92543 Montrouge Cedex
Tél. : (33-1) 40 92 65 00
Fax : (33-1) 40 92 65 97

Prix de vente au numéro : 200 FF

La revue *L'Actualité Chimique* est une
publication de Gauthier-Villars, so-
ciété anonyme, constituée pour 99 ans
au capital de 3 089 600F. Siège social,
17 rue Rémy-Dumoncel, 75014 Paris.
P.D.G. : J. Lissarrague. Actionnaire:
Bordas S.A. (99,8 % des parts). Direc-
tion de la publication: J. Lissarrague.

Index des annonceurs

CNRS	p. 62
Rhône-Poulenc	p. 60-61
Royal Society of Chemistry	p. IV
SFC	p. 62
Techniques de l'Ingénieur (encart entre	p. 16 et 17

© DUNOD, 1994
Tous droits réservés
Dépot légal : Avril 1994

Toute représentation ou reproduction, inté-
grale ou partielle, faite sans le consentement de
l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause,
est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de
l'article 40). Cette représentation ou reproduc-
tion, par quelque procédé que ce soit, consti-
tuerait une contrefaçon sanctionnée par les
articles 425 et suivants du Code pénal. La loi
du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des
alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies et
les reproductions strictement réservées à
l'usage privé du copiste et non destinées à une
utilisation collective d'une part, et, d'autre
part, que les analyses et les courtes citations
dans un but d'exemple et d'illustration.

Nous célébrons cette année le bicentenaire de la mort de Lavoisier. Homme des lumières, Lavoisier est connu du grand public comme le créateur de la chimie moderne, dont le *Traité élémentaire de Chimie* peut être considéré comme l'acte fondateur et nous en sommes justement fiers.

Il devrait l'être aussi comme un des plus puissants esprits du XVIII^e siècle. Ce grand bourgeois a été un homme de pouvoir sans jamais avoir été homme de gouvernement. Fermier général, régisseur des Poudres et Salpêtres, président de la Caisse d'Escompte, initiateur de la réforme des poids et mesures, il a été un des industriels et des économistes les plus influents de son siècle.

Son œuvre scientifique est extrêmement large : géologue et pédologue, il est un des auteurs de l'*Atlas minéralogique de France* ; météorologue, il crée un réseau de correspondants en Europe pour améliorer la prévision du temps à deux jours ; fondateur de l'agronomie moderne, il la base sur les expérimentations et les bilans quantitatifs créateur de la physiologie moderne tant de la respiration que de la digestion, auteur de la révolution fondatrice en chimie bien sûr, mais également, par ses bilans thermiques et de matières, précurseur de la thermodynamique et du génie chimique, il est dans tous les domaines un novateur et un créateur. On peut reprendre ses conclusions ou ses analyses aujourd'hui, elles restent étonnamment modernes. Le mode de raisonnement reste un modèle de nos approches actuelles.

Lavoisier devrait être reconnu comme le véritable fondateur de la méthode expérimentale scientifique moderne, avant Claude Bernard qui lui a, d'ailleurs, rendu hommage.

Dans le discours préliminaire du *Traité élémentaire de Chimie*, il propose "de ne chercher la vérité que dans l'enchaînement naturel des expériences et des observations" et toute son œuvre scientifique va être un va-et-vient constant entre hypothèses et théories, d'une

part, observations et expérimentations d'autre part. Il les liera par une logique rigoureuse héritée de sa formation mathématique et l'établissement des bilans quantitatifs tant de matière - la balance - que de chaleur - le calorimètre -, dont l'habitude lui vient peut-être de son métier de financier.

Il serait sans doute équitable de rendre aussi hommage au rôle joué par l'Académie des sciences, à la fin du XVIII^e siècle, dans l'établissement de cette méthode scientifique expérimentale dont le XIX^e et le XX^e siècle allaient montrer la puissance, mais Lavoisier y a joué un rôle central.

L'ensemble de la communauté des chimistes, la Société de Chimie Industrielle, la Société Française de Chimie, l'Académie des sciences, dont il fut un actif président, ont souhaité commémorer le bicentenaire de ce génie, du créateur de la chimie moderne, en faisant de 1994 l'*Année de la chimie*. Une série de manifestations et de colloques, une exposition qui circulera dans une quarantaine de lycées, collèges, centres culturels français et étrangers donneront à cette occasion aux étudiants et lycéens, comme au grand public, une meilleure idée de notre discipline, de ce qu'elle doit à Lavoisier bien sûr, mais aussi de ses apports à notre société. Tout ceci n'aurait pas été possible sans le soutien de mécènes de l'industrie et de responsables des grandes institutions de l'État, mais aussi sans le dévouement des membres et animateurs des associations et sociétés savantes, qu'ils en soient tous là remerciés.

Claude Fréjaques
membre de l'Institut

Lavoisier,
chimiste et esprit
universel

Vulgarisation scientifique

La lecture du livre de P. Laszlo « La vulgarisation scientifique », dont il a été rendu compte dans la rubrique livre (*L'actualité chimique*, décembre 1993, p. 73), laisse penser qu'il n'y a, en France, entre Jules Verne, Flammarion et H. Reeves aucun vulgarisateur de talent et que les modèles ont été et sont encore anglo-saxons.

Le chapitre VI de l'ouvrage est d'ailleurs consacré en entier à de courtes monographies sur huit vulgarisateurs de langue anglaise.

Une telle affirmation m'étonne, car enfin, dans les années 50-60, Louis de Broglie a écrit d'excellents livres de vulgarisation. Dans l'un d'entre eux, *Nouvelles perspectives en microphysique* publié en 1956 chez A. Michel, se trouve un chapitre intitulé « le savant devant le problème de la vulgarisation scientifique » où je lis : « la vulgarisation scientifique, domaine où l'élégance et la précision de notre langue ainsi que la clarté de l'esprit français nous ont permis de tenir une place de premier plan ». Sauf erreur, L. de Broglie a été le premier à recevoir en 1952 le prix Kalinga, prix international destiné à récompenser les meilleurs vulgarisateurs scientifiques.

Autre prix Kalinga, Jean Rostand. Autre prix Kalinga l'astronome Paul Couderec (1899-1981) grand vulgarisateur avant Reeves et pourfendeur à ce titre de l'astrologie.

Marcel Boll (1886-1971) a écrit plus de 80 ouvrages de vulgarisation, notamment avec G. Urbain l'important *La science, ses progrès, ses applications*. Ouvrages aux tirages impressionnants, traduits pour certains en espagnol, italien, portugais, roumain, japonais...



J'ai assisté en 1960 à une réunion-débat de l'Association des écrivains scientifiques de France au Palais de la découverte sur la vulgarisation scientifique avec F. le Lionnais, P. Auger ; E. Wolf, H. Tazieff, mais aussi R. Queneau, A. Maurois (une brochure a été publiée sur cette réunion-débat)... Et cette liste, faite de mémoire, est loin d'être exhaustive.

Maurice Bernard (Caen)

Glossaire de cinétique chimique

Publier une série de glossaires de chimie est une excellente idée dont tous les enseignants profiteront. Le glossaire de cinétique chimique est certainement un premier exemple particulièrement judicieux. Il faudrait toutefois se garder de vouloir figer le langage scientifique ; au contraire une telle initiative doit favoriser une analyse approfondie des vocables employés.

La création de mots entièrement nouveaux ou l'importation de mots étrangers doivent être exceptionnelles. Le danger réside plutôt dans le détournement du sens commun d'un mot de la langue française et nous en avons un exemple dans le glossaire proposé dans le n° 6 de *L'actualité Chimique* :

Réaction « inversable » : une réaction est dite inversable si elle s'effectue dans le sens direct et dans le sens inverse. Le terme « inversable » devrait remplacer le terme « réversible », souvent utilisé, mais qui a une toute autre signifi-

cation en thermodynamique. Recherchons les définitions du mot « inversable » dans les dictionnaires :

« Qui ne peut se renverser ; encrier inversable » dit le Petit Robert.

« Qui ne peut verser ; voiture inversable » dit Larousse.

La contradiction est patente.

On trouve dans le dictionnaire Larousse « renversible » : qui peut être renversé. On pourrait alors dire qu'une réaction « renversible » est une réaction qui peut s'effectuer dans les deux sens.

D'autres propositions dans ce glossaire posent quelques difficultés :

Catalyseur : la quantité du produit qui catalyse la réaction semble devoir être faible devant celle des réactifs. Or le trichlorure d'aluminium dans certaines réactions de Friedel et Crafts doit être utilisé en quantité au moins égale à celles des réactifs et parfois est-on obligé d'en mettre plus du double. Le trichlorure d'aluminium n'aurait-il pas droit ici au titre du catalyseur ? Une autre définition possible du catalyseur est la suivante : c'est un corps qui accélère une réaction chimique sans intervenir dans l'équation-bilan. Cette définition n'est pas sans conséquences ; elle implique le remplacement de l'expression « réaction autocatalysée » par « réaction autoaccélérée ». Qu'en pensent les spécialistes ?

Une dernière remarque concerne l'emploi de l'adjectif « catalytique » au lieu de « catalysée » quand il s'agit de

la réaction chimique qui est accélérée par l'action « catalytique » du « catalyseur ».

Merci aux auteurs du glossaire de cinétique d'avoir entrepris ce travail qui ne sera jamais fini...

André Gilles (Aureville)

Erratum

J'ai noté, dans le n° 6 de décembre 1993 de *L'Actualité Chimique*, l'annonce (p. 6) de l'obtention du Prix Roberval 1993 par l'ouvrage de Chimie Industrielle que j'ai fait paraître récemment chez Masson avec notre regretté collègue Robert Perrin.

Malheureusement, il y a une erreur dans mon prénom qui est « Jean-Pierre » et non pas « Jean ».

Jean-Pierre Scharff (Lyon)

L'Actualité Chimique présente ses excuses à Monsieur Jean-Pierre Scharff et à ses lecteurs.

Voulez-vous jouer ?

Il existe dans la presse une rubrique qui plaît à tous et dont le succès est confirmé par toutes les enquêtes sur le lectorat. Cette rubrique, c'est la page consacrée aux jeux. Ils sont en effet nombreux ceux qui trouvent plaisir et détente à résoudre les problèmes proposés par les magazines. Vous même, ne vous êtes vous jamais laissé tenter ?

Si, bien sur, comme tout le monde ! Loin d'être de la place perdue, ces jeux sont une bonne manière d'inviter à la lecture.

Philippe Charollois

(Saint-Étienne)

L'Actualité Chimique demande aux lecteurs de lui faire connaître leur avis.

Colloque Lavoisier

1794-1994

Paris/Blois, 3-6 mai 1994

Résumés des conférences



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Il y a 200 ans, le 8 mai 1794, Antoine-Laurent Lavoisier était guillotiné à Paris, à l'issue d'un procès vite expédié, celui des fermiers généraux. Ainsi disparaissait un homme qui, par la multiplicité de ses préoccupations et de ses activités doit être considéré comme une figure emblématique du Siècle des lumières.

Homme de pouvoirs sans avoir jamais été homme de gouvernement, Lavoisier a joué un rôle important dans l'histoire politique et sociale de la France. Il fut aussi le savant novateur qui révolutionna complètement le monde chimique de son époque et jeta les fondements de la chimie moderne, telle que nous la connaissons aujourd'hui.

Pour honorer sa mémoire, l'Académie des sciences organise à Paris et à Blois, du 3 au 6 mai prochains, un colloque qui réunira d'éminents historiens des sciences internationaux pour faire le point de l'historiographie la

plus récente concernant la vie et l'œuvre de Lavoisier. Vous pouvez obtenir de plus amples renseignements auprès des Archives de l'Académie des sciences, 23, quai de Conti, 75006 Paris, Tél. : (1) 44.41.43.85).

Programme du Colloque Lavoisier

Paris/Blois, 3-6 mai 1994

Ce colloque international est placé sous le haut patronage de l'Académie des sciences et de l'Académie d'Agriculture de France.

- 3 mai 1994 : présentation des instruments du laboratoire de Lavoisier au Musée National des Techniques (Conservatoire National des Arts et Métiers) et cérémonie d'ouverture à l'Institut de France.
- 4-5 mai 1994 : conférences à la Maison de la Chimie.
- 6 mai 1994 : journée en Loir-et-Cher.

Lavoisier chimiste

Lavoisier et la physiologie

Pierre DEJOURS, Académie des sciences, Strasbourg

Si Lavoisier, pour les chimistes, est le fondateur de la chimie moderne, il est aussi, pour les biologistes, le fondateur de la physiologie de l'énergétique, de la respiration et de thermorégulation. Ces travaux de physiologie ne représentent que quelques pour cent de l'ensemble de l'œuvre de Lavoisier et sont, pour l'essentiel, exposés dans cinq mémoires :

- 1. Lavoisier (1777) : "Expériences sur la Respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon",
- 2. Lavoisier et Laplace (1783) : "Mémoire sur la chaleur. Article IV. De la combustion et de la respiration",
- 3. Lavoisier (1785) : "Sur les altérations qui arrivent à l'air dans plusieurs circonstances où se trouvent les hommes réunis en société",
- 4. Seguin et Lavoisier (1789) : "Premier mémoire sur la transpiration des animaux".

Les contributions essentielles de Lavoisier à la physiologie concernent les points suivants :

- 1. la respiration est une combustion lente de carbone et d'hy-

drogène avec consommation d'oxygène, production de dioxyde de carbone et d'eau, et dégagement de chaleur. C'est la fameuse analogie entre respiration et combustion.

- 2. l'azote n'est pas un gaz respiratoire et peut être remplacé par de l'hydrogène.

- 3. les variations (dans certaines limites) de la concentration de l'oxygène dans le gaz respiré ne changent pas sa consommation par l'organisme.

- 4. l'intensité de la respiration et de la dépense d'énergie est variable ; elle est augmentée par l'exposition au froid, par la digestion et par l'exercice.

- 5. la perte d'eau par transpiration pulmonaire et transpiration cutanée est accompagnée d'une déperdition de chaleur.

- 6. les fonctions de l'organisme soumis à des "compensations", c'est-à-dire à des régulations, qui permettront à l'individu de se prêter à toutes les circonstances où le hasard à sa place.

- 7. le principe de la calorimétrie indirecte est énoncée par Lavoisier et Laplace dans leur mémoire sur la chaleur. On peut remonter de la quantité produite de dioxyde de carbone à la production de chaleur par l'organisme, ces deux productions étant intimement liées.

Lavoisier et la révolution chimique

Marcel FETIZON, université de Paris-Sud, CNRS

Révolutionnaire, Lavoisier, l'académicien, le fermier général, que l'Ancien Régime avait anobli ? C'est pourtant à propos d'un vague complot destiné à "favoriser les ennemis de la France" qu'il fut condamné par le Tribunal révolutionnaire de Fouquier-Tinville, le 19 floréal an II, et guillotiné le jour même, sans d'ailleurs que ses amis, s'il en avait encore, aient fait quoi que ce soit pour s'y opposer. "La République n'a pas besoin de savants".

Pourtant, Lavoisier fut à l'origine d'un développement si fulgurant de la chimie qu'on peut, à juste titre, parler d'une révolution.

Le XVIII^e siècle a marqué, dans bien des domaines, du scientifique au social, la fin d'une époque. Il manquait à la chimie une méthode et un langage. Dans le Discours préliminaire, qui sert de préface à son *Traité élémentaire de Chimie* (1789), Lavoisier insiste tout particulièrement sur ce dernier point, qu'il avait d'ailleurs développé dès 1787 avec Guyton de Morveau, Berthollet et de Fourcroy : c'est la thèse de Condillac, "nous ne pensons qu'avec les secours des mots". Il s'était bien vite rendu compte que ses propres réflexions manquaient d'impact en raison de l'imprécision intrinsèque des termes hérités d'un passé souvent lointain. Cette révolution du langage n'est pas chronologiquement la première contribution de Lavoisier à la naissance de la chimie, même si elle a facilité la propagation de ses idées.

Vers 1770, quand le jeune Lavoisier a commencé ses travaux, régnait encore, plus d'un siècle après Descartes, la théorie des quatre éléments d'Aristote - le *Théorie chymique* de La Métrie (1741) compte cinq chapitres, intitulés des trois règnes, du feu, de l'air, de l'eau, de la terre - et c'est d'une certaine manière leur étude critique qui fut proprement révolutionnaire.

Certes, Lavoisier n'a pas "inventé" l'oxygène - Scheele et Priestley l'avaient mis en évidence avant lui -, mais il fut le premier à voir la portée de cette découverte. Sa méthode ? La religion du quantitatif. En dehors de la balance, dont il fit une utilisation systématique - mais il ne fut pas le seul, ni le premier - ne lui doit-on pas aussi le calorimètre, à une époque où la chaleur n'était pas reconnue comme une forme d'énergie, mais comme un avatar de la matière ?

Traité élémentaire de Chimie, par Lavoisier. Académie des sciences, Paris (Cliché J.-L. Charmet).

Bien entendu, Lavoisier a commis quelques erreurs : l'oxygène, contrairement à l'étymologie, n'est pas le générateur de tous les acides, et le "calorique" a été, même après Carnot, la source de bien des discussions stériles. Cependant, la clarté, la simplicité des idées qu'il a introduites, en font sans conteste le fondateur de la chimie moderne.

Les expériences quantitatives de Lavoisier

Akira YOSHIDA, université Meiji, Tokyo, Japon

Il est généralement admis que Lavoisier procédait à des expériences quantitatives précises et rigoureuses qui lui ont permis de

réfuter la doctrine du phlogistique et d'achever la "révolution chimique". Cependant, on se contente très souvent de citer des balances de précision construites par Mégnié ou par Fortin, sans examiner les résultats quantitatifs eux-mêmes. Nous nous proposons donc d'analyser les expériences quantitatives présentées dans trois de ses mémoires représentatifs, en les comparant avec ses registres de laboratoire, ceci afin de mettre en lumière sa méthode quantitative.

En 1769, est présenté à l'Académie des sciences un mémoire de Lavoisier intitulé "*Sur la nature de l'eau et sur les expériences par lesquelles on a prétendu prouver la possibilité de son changement en terre*". Dans ce mémoire, il rend compte de la fameuse expérience de la distillation continue de l'eau dans un récipient en verre, réalisée pendant cent jours, d'octobre 1768 à février 1769, en vue de réfuter la prétendue transmutation de l'eau en terre. Il lui fallait donc démontrer par une pesée précise que la perte de masse du récipient correspondait exactement à la masse de substance terreuse apparue pendant la distillation, ajoutée à celle de la substance terreuse dissoute dans l'eau de distillation. Pour la pesée, Lavoisier emploie la balance construite par Chemin, dont la sensibilité n'était que de 1/2 grain, c'est-à-dire 27 mg environ. Pour remédier à l'erreur due à la différence de longueur des deux bras de la balance, il intervint à la deuxième pesée le poids et l'objet à mesurer sur les plateaux et calcule la moyenne des deux. D'après les résultats obtenus, la masse de la substance terreuse apparue pendant la distillation et celle de la substance dissoute restant après évaporation complète de l'eau de distillation excèdent de 3 grains (159 mg) environ celle perdue par le récipient. Lavoisier attribue cet excès soit à la nouvelle dissolution du verre d'un récipient dans lequel il a versé l'eau en question, soit à l'eau entrée dans la cristallisation de la substance terreuse. Quoi qu'il en dise, ce n'est qu'une conjecture non vérifiée. Ainsi, contrairement à ce qui est généralement admis, il n'a pas réussi à réfuter complètement la transmutation de l'eau en terre malgré ses mesures précises.

En 1774, Lavoisier lit à l'Académie un mémoire intitulé "*Mémoire sur la calcination de l'étain dans les vaisseaux fermés et sur la cause de l'augmentation de poids qu'acquiert ce métal pendant cette opération*". Il s'agit d'une expérience effectuée à deux reprises en février 1774. Il met une quantité déterminée d'étain dans une cornue de verre et la chauffe pour oxyder l'étain après avoir fermé hermétiquement la cornue. A l'ouverture de la cornue, l'air est entré et il constate une petite augmentation de la masse totale, laquelle correspond exactement à l'augmentation de la masse de l'étain oxydé. Mais la première fois, comme il n'a pas pesé la cornue vide avant l'opération, il prend comme référence la masse de la cornue mesurée après l'opération. Or cette cornue était un peu souillée d'oxyde d'étain de sorte que la valeur obtenue n'est pas exacte. Il a alors corrigé cette valeur pour faire coïncider les résultats (il est vrai que cette correction est minime). Quand il répète la même expérience avec une cornue plus grande, il constate une augmentation non négligeable de la masse de la cornue brisée après l'oxydation. Mais, dans le mémoire publié, il a minoré la masse de la cornue et ajouté la différence à la masse de l'oxyde d'étain obtenu comme si c'étaient les résultats de la pesée directe. Cette manœuvre lui permet de rendre les résultats cohérents. Ces modifications n'influencent pas directement la conclusion, mais elles donnent une fausse impression sur la rigueur des expériences quantitatives de Lavoisier.

En 1784, il lit à l'Académie un mémoire intitulé "*Mémoire sur la formation de l'acide nommé air fixe ou acide crayeux, et que je désignerai désormais sous le nom d'acide du charbon*". Il rend compte de huit expériences qui lui ont permis de déterminer la proportion d'oxygène et de carbone dans le dioxyde de carbone, proportion qu'il estime à 72 contre 28. Il est à noter que, compte tenu de la disparité des résultats obtenus à chacune des huit expériences,

ce rapport ne peut pas constituer une moyenne. De plus, seules quatre de ces expériences sont destinées précisément à déterminer la composition du dioxyde de carbone. Les quatre autres sont faites dans une autre optique. Or, c'est une de ces quatre autres qui donne la proportion la plus proche de celle adoptée par Lavoisier. Il s'agit de la réduction de l'oxyde de plomb par le charbon, expérience qui avait déjà été exécutée 11 ans plus tôt, c'est-à-dire avant la découverte de l'oxygène. En outre, il a corrigé des données d'expériences afin de rendre le résultat cohérent. Quant à la deuxième proportion la plus proche de celle adoptée, il s'agit de l'expérience de réduction du mercure par le charbon, réalisée en 1775. Ici aussi, Lavoisier reconstitue le résultat d'expériences.

Nous pouvons conclure que les expériences quantitatives de Lavoisier considérées comme précises, sont très souvent des expériences reconstituées et que les résultats sont plus ou moins corrigés selon le principe de la conservation de la masse, principe dont Lavoisier est fortement convaincu.

Lavoisier et ses collaborateurs : une équipe au travail

Roger HAHN, université de Californie, Berkeley, États-Unis

Le travail que Lavoisier accomplit pendant sa vie si malheureusement écourtée est exceptionnel. Il a contribué à renverser la plupart des notions acquises en chimie, dans les sciences de la terre et en physiologie. Son œuvre dépasse aussi largement le cadre des sciences proprement dites, s'étendant aux services publics auxquels il a participé avec ardeur aussi bien sous l'Ancien Régime qu'au début de la Révolution. Sa vie entière se passa sous le signe de la réforme et de son espoir de faciliter le progrès, qu'ils se soient manifestés en sciences ou en politique.

L'explication de cette vie exceptionnelle est certes la conséquence de son génie, de son sens de l'organisation, de sa méthode de travail qui, chacun à sa façon, répondaient aux besoins de l'époque. Mais on aurait du mal à le comprendre si l'on n'admettait pas aussi qu'il œuvrait à une époque qui est une plaque tournante du Siècle des lumières, quand la méthode scientifique se révéla utile à la société et quand l'expert devint un outil du progrès. Il faut donc voir sa carrière comme l'élaboration d'un talent personnel, mais qui se déroule dans un cadre bien précis qui lui est essentiel. L'un ne peut pas avoir eu lieu sans l'autre. Il nous incombe donc de réfléchir autant à sa personnalité et à son originalité qu'aux circonstances qui l'ont attisé et qui l'ont mené à une fin si tragique. Dans son itinéraire à travers l'histoire, tout est lié.

Un trait caractéristique de son œuvre est d'exposer avec clarté et précision la rationalité de son action. En chimie, il explique les problèmes théoriques qu'il voulait attaquer, les circonstances qui l'ont amené à proposer d'autres solutions et les conséquences que ses nouvelles idées devaient engendrer.

Quand il propose de transformer le langage chimique, il se voit obligé d'expliquer les raisons qui le forcent à démarquer une nouvelle époque dans la chimie en bouleversant ses principes et sa nomenclature. De même, quand Lavoisier propose de nouvelles méthodes pour développer les richesses agricoles et les sauvegarder pour la nation, il sent le besoin de rationaliser ses propos. C'est cette connaissance de soi-même, cette profonde conscience de ce qu'il fait et dit qui le rendent si attrayant. Il semble comprendre parfaitement ce qu'il fait et pouvoir donner des raisons exactes de ses actes. Lavoisier ne semble avoir voulu rien dissimuler, même pas des opinions politiques ni sa stratégie. Évidemment, cette sincérité lui a coûté cher !

Il n'a quand même pas tout saisi de sa propre vie.

J'aimerais ici parler d'un tournant historique dans la pratique scientifique auquel il a participé, mais qui n'a pas été suffisamment

souligné par les historiens des sciences, et qui mérite d'être étudié à fond : le travail collectif. On est aujourd'hui tellement habitué à ce phénomène dans la vie des sciences qu'on oublie qu'il a du être inventé. Il serait un peu hasardeux de ma part de l'imputer uniquement à Lavoisier, étant donné que nous ne sommes pas encore suffisamment informés de cet aspect des annales de la science. Mais, comme j'espère vous en convaincre, l'exemple de collaboration donné par Lavoisier aida à transformer les normes du travail de laboratoire.

1. L'idéologie baconienne du travail collectif consiste en gros à l'accumulation de données recueillies par une collectivité de savants. Ce n'est pas ici que Lavoisier innova, étant donné que cette idéologie fut suivie par toutes les sociétés savantes dès les années 1660, y compris l'Académie royale des sciences. Pourtant, Lavoisier suivit cette politique quand il participa avec Macquer et Cadet (et plus tard avec Trudaine de Montigny et Brisson) pour vérifier ce que devenait un diamant quand il était soumis à une chaleur intense (1772/4)

2. Lavoisier n'innova pas non plus en signant avec Guettard les rapports géologiques de leurs expéditions. Ici, il s'agissait de la part de Guettard de reconnaître la participation d'un jeune assistant et, de cette manière, de la patronner, pratique bien expérimentée depuis longtemps. Il suivait ici l'exemple donné, entre autres, par Duhamel du Monceau et Buffon à l'Académie.

3. C'est dans les travaux faits en collaboration avec Laplace, et plus tard avec Meusnier de Laplace et avec Seguin que l'on voit inventer un nouveau genre de collaboration : parmi des experts possédant des talents et des ressources différentes, qui apportaient au travail scientifique de nouvelles compétences que Lavoisier ne possédait pas, ou pas encore.

4. A la suite de ce genre de collaboration, Lavoisier voulut créer temporairement une collaboration centrée autour d'un groupe d'experts réunis dans son propre laboratoire, se penchant sur un problème particulier. C'est ainsi qu'il vint à publier sa nouvelle nomenclature, dont l'idée revient à Guyton de Morveau, et pour laquelle il enrôla aussi ses collègues Berthollet et Fourcroy et d'autres disciples plus jeunes. Il s'agit, ici aussi, d'un nouveau genre de collaboration bénéficiant de l'autorité de plusieurs autres chimistes dont le talent était déjà confirmé par leur appartenance à l'Académie, et qui pouvaient de cette façon faire école ensemble. La création d'un nouvel organe de publication, les *Annales de Chimie*, en est le résultat le plus évident, qui fut aussi l'expression concrète d'un parti militant pour la nouvelle chimie.

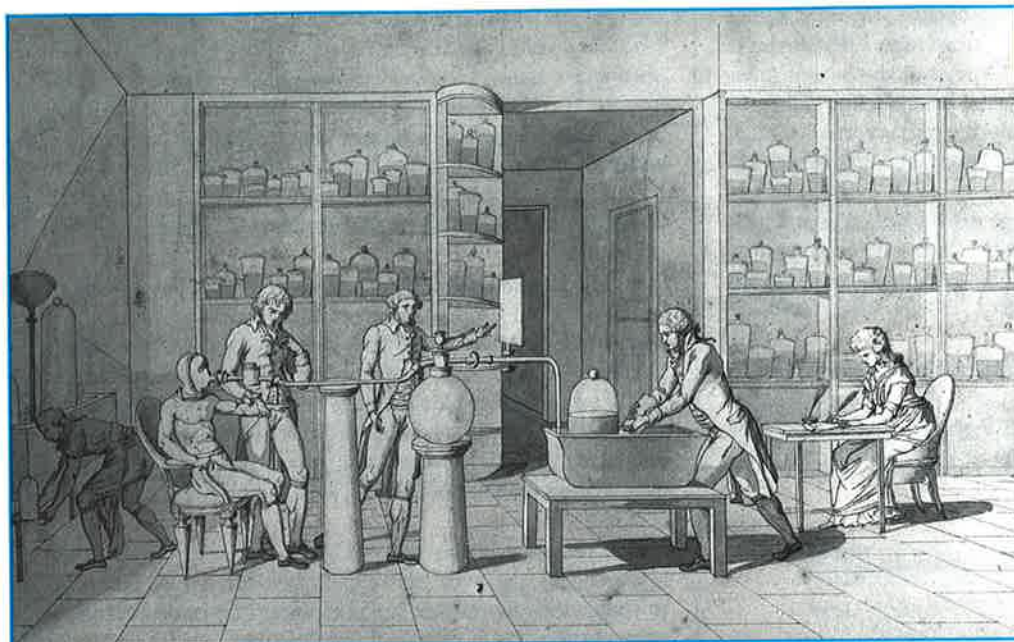
5. En conséquence de ces innovations, la chimie s'est vue dotée de travaux collectifs tout au long du siècle, à commencer par la Société d'Arcueil et l'équipe de Berzelius.

Il faudrait reconnaître chez Lavoisier, en plus de ces propres recherches, son talent d'invention de la gestion des sciences modernes.

200 ans après, la chimie jeune et créative

François GUINOT, Rhône-Poulenc

Nous commémorons cette année la mort tragique de Lavoisier : nous nous souviendrons bientôt de la disparition de Pasteur en 1895. Les chimistes ne seraient-ils plus capables d'organiser des manifestations ouvertes au public qu'à des fins de souvenirs et de glorification du passé ? Manifestations où l'on balancerait entre les hagiographies et les modernes critiques des historiens des sciences, enfermé de toute façon dans le passé ? N'est-ce pas inéluctable puisque la chimie, science et industrie confondues, est considérée par certains comme mature, ou plus encore en déclin ; comme une science et une industrie dont l'apogée est dépassée ?



Scène de laboratoire. Dessin de Mme Lavoisier. Collection particulière (cliché J.-L. Charmet).

La mémoire collective est très sélective. Lorsqu'elle s'attache à des chimistes hors du commun - Lavoisier, Pasteur, Marie Curie... - les chimistes d'aujourd'hui, leurs héritiers, seraient bien maladroits de ne pas saisir les événements liés à leur souvenir pour montrer au plus grand nombre que l'héritage est vivant ; qu'il demeure essentiel élément du progrès.

Voilà bien l'objet de ce bicentenaire et de cette année Lavoisier. L'héritage est vivant. On peut s'interroger sur les raisons qui ont conduit à faire apparaître la chimie comme une science en déclin.

public. Elle intègre désormais efficacité et impact sur l'environnement. Elle jouera un rôle évident dans la protection de l'environnement. Loin de s'épuiser dans la maîtrise de la réaction chimique, elle s'ouvre des perspectives formidables en portant son attention sur la structure moléculaire, sur la compréhension des relations qui lient cette structure et les fonctions qui en découlent. Là se noue un dialogue complètement nouveau entre savants et industriels de la chimie, d'une part, et tous les utilisateurs de la chimie d'autre part. Dialogue dont les années qui viennent montreront la fécondité.

On peut montrer qu'il n'en est rien et que, sous des formes renouvelées, cette science apporte constamment une contribution essentielle à l'évolution des connaissances.

On peut aussi s'interroger sur les raisons qui conduisent l'industrie chimique à être vilipendée et rejetée par certains comme menace pour les subtils équilibres naturels, les équilibres de la vie.

On peut montrer que ces raisons tiennent à la puissance et à l'efficacité même que cette industrie, adossée à la science chimique, a développées ; qu'elle les a parfois développées jusqu'à l'excès ; qu'elle en est consciente.

En pleine métamorphose, de plus en plus intimement mêlée à la science, elle est capable d'adaptations surprenantes, qu'elle doit apprendre à rendre perceptibles au

Lavoisier naturaliste et agronome

Lavoisier géologue

Gabriel GOHAU, Société Géologique de France, Comité français d'histoire de la géologie

La géologie est la première préoccupation scientifique du jeune Lavoisier qui, dès l'été 1763, suit Jean-Etienne Guettard, lequel explore la France en vue de confectionner l'*Atlas minéralogique* qu'il a entrepris en 1746. Elle est aussi son ultime souci : en décembre 1788, il lit à l'Académie des sciences un mémoire "*Sur les couches modernes horizontales qui ont été déposées par la mer...*". Et, en pleine tourmente, il livre un travail sur la "*Hauteur des montagnes des environs de Paris*".

Il y révèle une dernière fois l'attention qu'il n'a cessé de manifester pour le niveau des couches de la terre. Dès ses premières observations, en effet, il a l'idée de noter la superpositions des couches. Contre l'avis de Guettard, il dessine en marge de l'*Atlas* des coupes géologiques.

La géologie est sans doute restée présente dans les pensées de Lavoisier, qui a continué ses explorations dans les années 1770 et 1780, et qui écrit en 1785 des lettres sur la minéralogie à un certain Muiron.

Le mémoire de 1788, le mieux connu de ses travaux géologiques, est d'autant plus remarquable que l'essentiel de son contenu est élaboré près de vingt ans plus tôt. Lavoisier divise les couches en littorales et pélagiennes selon qu'elles sont formées de galets et de sable ou de calcaires. Leur succession lui permet de reconnaître

les avancées et les reculs de la mer sur le continent, amorçant ainsi la stratigraphie bien avant Cuvier et Brongniart.

Ceux-ci bénéficieront largement de ses observations. Toutefois, curieusement, après la mort du quinquagénaire Lavoisier, ce sont deux septuagénaires qui ébaucheront la révolution géologique : le Suisse J.-A. Deluc, initiateur de la paléontologie stratigraphique, et l'Écossais James Hutton, fondateur de la théorie plutonique.

Lavoisier, le salpêtre et l'azote

Konrad MENGEL, Académie d'agriculture, université de Giessen Allemagne

En étudiant l'air atmosphérique et les processus d'oxydation, Lavoisier précise que l'air n'est pas un corps simple mais contient l'oxygène et un autre gaz qui sera appelé azote, du grec azoos (= sans vie), parce que ce gaz éteint la flamme et ne peut maintenir la respiration.

Mais il n'était pas conscient que cet azote est aussi un élément de l'acide nitrique qui est l'acide du salpêtre. Ce salpêtre était nécessaire pour la fabrication de la poudre noire. Or, à l'époque de Lavoisier, la fabrication de la poudre en France laissait beaucoup à désirer, et Lavoisier a consacré une partie de sa carrière au développement des nitrières qui sont les installations techniques qui permettent de fabriquer le salpêtre.

Grâce à son génie scientifique et technique et à sa méthode effi-

face, il a doublé la production de salpêtre en quelques années et amélioré considérablement la qualité de ce salpêtre. Sa prescription pour l'établissement des nitrières est un chef d'œuvre du point de vue scientifique et technique. L'auteur décrit, avec beaucoup de détails précis, les techniques améliorées par Lavoisier et nous révèle ainsi avec beaucoup de soins des aspects peu connus du génie de ce savant. Puis l'auteur précise, en termes modernes, les justifications scientifiques des recommandations empiriques de Lavoisier.

Lavoisier voyait dans une agriculture prospère la source de la richesse de l'état et du peuple. Donc il était très attaché à l'amélioration de la production agricole. Vraisemblablement il n'a pas su que le salpêtre est un élément nutritif pour les végétaux, au moyen duquel on peut augmenter la production agricole.

Le transfert de l'azote des fermes dans les nitrières et du potassium des cendres et des urines dans le produit définitif était une perte pour les exploitations agricoles avec des conséquences négatives pour la fertilité des sols.

Les travaux de Lavoisier sur l'azote et les nitrières nous démontrent que son génie ne résidait pas seulement dans le domaine de la théorie chimique. Il s'étendait aussi, avec les moyens matériels de l'époque, à la production industrielle.

Lavoisier, son domaine de Freschines et l'agronomie

Jean BOULAIN, Académie d'agriculture, Institut National Agronomique.

La vie de Lavoisier comporte des inflexions majeures. Ce grand bourgeois parisien se consacre d'abord à la géologie, puis à la chimie et devient aussi un grand administrateur. Brusquement, en 1778, il se convertit à l'agriculture et, à partir de cette date, il lui a consacré un quart de son temps, dans les quinze dernières années de sa vie. Il donne lui-même, à juste titre, dans sa notice de 1794, comme l'une de ses quatre professions : "agriculteur dans le Loir-et-Cher".

Freschines

- L'achat de sa propriété de Freschines, entre Vendôme et Blois, est un véritable retour à la terre. Beaucoup d'autres grands agronomes, Olivier de Serres, Adrien de Gasparin, Mathieu de Dombasles, Jean-Baptiste Boussingault, etc. ont eu la même vocation tardive.

A 35 ans, après la "ligne de crête" de 1777 dans ses travaux de chimie, il n'y a pas de diminution de l'activité scientifique de Lavoisier, mais au contraire extension à des démarches beaucoup plus longues et complexes que celles auxquelles il s'est livré jusque là.

Lavoisier confie la gestion de ses terres au notaire Lefebvre qui va à Freschines tous les quinze jours surveiller le chef de culture Mercier. Madame Lavoisier assure la "suite de la correspondance avec sûreté, lumière et confiance".

Les 120 hectares de Freschines, en faire-valoir direct, entourés de trois fermes cultivées à moitié (360 ha en tout) puis "d'une assez grande dîme", concentrent une partie de la fertilité des alentours sous forme de paille et de pâtures pour un troupeau de 300 moutons et de 29 vaches. Lavoisier enrichit donc ses sols au dépens de ceux de ses voisins. C'est de la "Raubwirtschaft", de l'économie de pillage, mais il n'en est pas conscient car il ignore le rôle des éléments minéraux dans la nutrition des plantes.

Il organise Freschines en une véritable station de recherches agronomiques. Il inaugure la méthode expérimentale *in situ* de longue durée, avec dossiers pour chaque parcelle, enregistrant les instants, les opérations, les événements et les récoltes. Il y a deux exemplaires, l'un à Freschines, l'autre à Paris. La stratégie est de produire le plus possible de fumier, donc d'avoir le plus de bétail

possible et des cultures pour l'alimenter : 30 arpents de trèfle et de sainfoin, 3 ou 4 de cultures sarclées. En 1793, il mettra sur sa sole de blé 8 voitures de fumier au lieu de 2 et aura 28 vaches et 300 moutons.

Les résultats sont donnés en 1788 à la Société d'agriculture et dans la *Richesse territoriale*, ainsi que dans A. Cauchie (1900).

Le Comité d'administration de l'agriculture

Lavoisier élargit son ambition agronomique au pays tout entier. En 1783, il est membre de la Société d'agriculture de Paris qui devient, en partie grâce à lui, le 30 mai 1788, la Société royale d'Agriculture de France. De 1785 à 1787, il participe activement au Comité d'administration de l'Agriculture, groupe de travail qui prépare pour le contrôleur des finances les dossiers concernant les affaires agricoles et prend une grande importance. Lavoisier y fut très actif ; il s'absenta quatre fois seulement sur soixante-neuf séances, rédigea en grande partie les comptes rendus et publia la synthèse des travaux par un mémoire lu le 31 juillet 1787.

Ce mémoire traite de la plupart des thèmes qui sont les sujets actuels de la recherche agronomique et étudie le rôle possible d'un ministère de l'Agriculture qui ne deviendra autonome qu'en 1881, créé par Gambetta.

Le problème de l'humus

Lavoisier croit ferme au départ à la théorie de l'humus et fait le plus de fumier possible. Sa réussite est possible grâce à des apports extérieurs qui ne peuvent être réalisés que localement. En 1792, à l'Académie des sciences, il soutient Seguin qui s'oppose à Hassenfratz au sujet de l'origine du carbone des plantes. C'est toute la théorie de l'humus qui est en cause et avec elle les fondements de l'agronomie de la fin du XVIII^e siècle. En juillet 1792, dans un texte étonnant, il conçoit les cycles géochimiques et ouvre les voies au XIX^e siècle par Liebig, Dumas, Lawes, Boussingault, etc.

Dans son dernier et long séjour à Freschines, à l'automne de 1792, quelles furent les réflexions de Lavoisier sur l'agriculture ? A six ans près, Ingenhousz, Sennebie, Dundonald et Théodore de Saussure allaient apporter les réponses aux questions qu'il s'est probablement posées et, s'il avait vécu, il aurait probablement contribué puissamment à les préciser et à les conforter.

Les comptabilités économiques de Lavoisier

Jean-Claude PERROT, université de Paris I-Panthéon Sorbonne

Dans ses études inachevées sur la richesse territoriale du royaume, Lavoisier s'est proposé de rebâtir l'économie politique sur le modèle des sciences de la nature. Il s'agissait de définir : 1) le produit annuel de la nation ; 2) l'arithmétique qui permettrait de calculer les données absentes ; 3) les méthodes qui vérifieraient les résultats. En aval une économie, désormais sans *a priori*, élaborerait l'analyse de ce matériel et proposerait des mesures de gestion.

L'auteur utilise d'abord les méthodes usuelles en son temps. Il établit trois définitions cohérentes du produit territorial, mais, premier obstacle, il ne parvient pas à les fonder indépendamment de l'économie physiocratique qu'elles devaient tester ultérieurement parmi d'autres.

Il énonce ensuite les deux principes canoniques de l'arithmétique politique : 1) production = consommation ; 2) consommation totale = consommation moyenne x population. La première égalité exige des conditions très restrictives, la seconde est fragilisée par le cumul de coefficients incertains. Lavoisier a perçu le danger de ces dérives successives. Il est le seul au XVIII^e siècle à proposer des vérifications par les voies indépendantes de la production et de la consommation. Le calcul direct de la production le contraignait néanmoins à utiliser de nouvelles hypothèses arbitraires.

Ce nouvel échec réduit l'arithmétique politique à l'écart d'expé-

dient provisoire. La reconstruction du savoir passe par une alliance durable entre administrateurs et savants.

Aux premiers incombent l'établissement progressif d'une statistique générale par collecte exhaustive et étagée (communes, départements, nation). L'annualisation des données donnerait accès à la connaissance des fluctuations. La nouvelle institution, souvent suggérée au XVIII^e siècle, devrait s'insérer dans les réformes administratives révolutionnaires.

Au savant, il revient de définir le contenu des collectes et leur mise en forme, indépendamment de toute "métaphysique" économique (Lavoisier). L'auteur a peut-être trouvé cette garantie de neutralité dans la lecture de Forbonnais. Mais sa mise en œuvre est ici tout à fait originale. Il s'agit de dresser le tableau de la production et des échanges selon le modèle de la comptabilité d'entreprise à partie

double. Les débits-crédits traditionnels sont convertis en entrées-sorties, productions-emplois. Cette démarche homogène produit des bilans ou des comptes d'exploitation intra- et intersectoriels ; par addition, elle engendre un tableau de la nation, considérée comme une seule entreprise.

Lavoisier est ainsi parvenu aux protocoles qui rendaient accessibles son projet primitif. Cette hardiesse inventive s'est heurtée à la méconnaissance et à l'oubli. L'entreprise exigeait une longue patience administrative, introuvable en Révolution. En fixant d'autre part sans appel la place respective des statistiques et de la théorie, ce programme encourageait l'incompréhension des purs économistes. Et pourtant l'épistémologie de la discipline, depuis deux siècles, s'écrit comme autant de réponses successives aux questions de Lavoisier.

Lavoisier grand commis de l'État

Lavoisier, fermier général, banquier et commissaire de la Trésorerie nationale

Jean-Pierre POIRIER, Comité Lavoisier de l'Académie des sciences

L'image d'Antoine-Laurent Lavoisier, chimiste et fermier général, doit beaucoup aux ouvrages publiés par les chimistes lors du premier centenaire de sa mort sous la Terreur, le 8 mai 1794.

Depuis un siècle, les historiens des sciences analysent surtout le contenu, le sens et la portée de la révolution chimique voulue par Lavoisier. Mais sa carrière de financier de l'Ancien Régime et de la Révolution française, autre aspect essentiel de sa vie et de son œuvre, emprunte un parcours très logique à partir de 1769.

À la Ferme générale, société privée chargée de collecter pour le roi les impôts indirects, il est inspecteur à la commission du Tabac, puis directeur des octrois de Paris; il accède bientôt au puissant comité des Caisses qui définit avec le contrôleur général des Finances la politique fiscale de la France.

Administrateur de la Caisse d'Escompte, la banque des banquiers liée à la Ferme générale, il influence la politique monétaire et soutient de ses prêts les finances du Trésor royal.

Commissaire de la Trésorerie nationale en 1791, il met en place une administration moderne et applique aux finances sa méthode scientifique, fondée sur les calculs exacts et les bilans équilibrés. Il jette les bases de la statistique et de la comptabilité nationales.

À la veille du 10 août 1792, le roi lui propose le ministère des Contributions publiques, qu'il refuse.

La rédaction du dossier financier de la Ferme générale, en réponse aux inculpations du Tribunal révolutionnaire, termine en 1794 le parcours de Lavoisier.

L'étude de sa carrière de grand commis de l'État explique, mieux que la célèbre formule "*La République n'a pas besoin de savants*", cette mort encore si mal acceptée.

Elle éclaire certaines péripéties socio-économiques de cette période trop souvent analysée sous l'angle exclusivement politique ou idéologique.

Elle ouvre aussi une voie de recherche sur plusieurs aspects très actuels de l'histoire financière nationale : la définition des liens entre fiscalité et revenu national, la création de la Banque de France, l'organisation du Trésor public.

Lavoisier administrateur et financier de la Régie des Poudres et Salpêtres (1775-1792)

René AMIABLE, service technique des Poudres et Explosifs, Paris

Fermier général, Lavoisier découvre, lorsqu'il prend en charge la gabelle, le faux saunage des salpêtriers et le mauvais fonctionnement de la Ferme des poudres. Il alerte Turgot, contrôleur général des Finances, et provoque une profonde réforme : la suppression de la Ferme des poudres et la création en 1775 de la Régie royale des Poudres et Salpêtres.

Le monopole du roi sur les salpêtres et la poudre est maintenu. La régie sera chargée, d'une part, de contrôler l'activité privée des salpêtriers qui recueilleront le salpêtre brut à son profit exclusif et, d'autre part, de raffiner le salpêtre brut et de fabriquer la poudre dans les manufactures royales. La régie assurera de plus les fournitures de poudres de guerre aux armées et la vente des poudres civiles. Les régisseurs percevront un salaire fixe ainsi qu'une prime de rendement sur les ventes, tandis que les bénéficiaires seront versés au Trésor royal.

Quatre régisseurs, dont Lavoisier, sont nommés à la tête de la Régie des Poudres. Ils installent leurs bureaux et ceux d'un "caissier central" dans un hôtel construit à cet effet sur les terrains de l'arsenal de Paris, l'Hôtel des poudres et salpêtres, et ils mettent en place une comptabilité précise et rigoureuse, comme l'atteste l'examen du "compte général de la Régie pour l'année 1777" qui nous est parvenu miraculeusement.

Les régisseurs font remettre en état l'outil industriel poudrier ; Lavoisier fait améliorer la qualité des poudres et la sécurité des fabrications. Il rénove la poudrière de l'arsenal.

Lavoisier s'attaque dès 1775 au problème central de l'approvisionnement en salpêtre et il le résout grâce à un ensemble d'actions complémentaires :

- introduction en France des nitrères artificielles,
- concours sur le salpêtre et prix de l'Académie des sciences (1775-1782),
- étude des terres naturellement salpêtrées,
- étude chimique des méthodes d'analyse du salpêtre,
- suppression du droit de fouille par les salpêtriers des locaux habités,
- politique de fixation des prix d'achat et de vente du salpêtre.

Du même coup, il assure la satisfaction des besoins croissants en poudres de guerre de la France et de ses alliés. La poudre de

Lavoisier fait merveille en Amérique pendant la guerre de Sécession, puis à Valmy et Jemmapes.

En 1791, Lavoisier provoque la transformation de la régie intériorisée en régie directe.

Antoine-Laurent Lavoisier a été un très grand administrateur des Poudres et Salpêtres qui a modernisé et dynamisé durablement l'industrie et l'administration poudrières françaises, assurant du même coup l'indépendance nationale dans un domaine aussi stratégique que celui des poudres de guerre et des armes à feu.

Lavoisier urbaniste, hygiéniste, précurseur de l'ergonomie

Michel Valentin, Comité Lavoisier de l'Académie des sciences

La stature capitale de Lavoisier, créateur de la chimie moderne, et aussi selon Berthelot de la physiologie et d'autres sciences humaines, ne doit pas masquer le progrès qu'il a apporté dans la solution de problèmes pratiques d'urbanisme, d'hygiène et de ce qu'on appelle maintenant l'ergonomie.

Déjà, l'une de ses premières recherches fut présentée à l'Académie des sciences en 1765 à l'occasion d'un concours sur l'éclairage des rues de la capitale. Ce fut alors qu'il s'enferma pendant des semaines dans la pénombre pour étudier les modèles de lanternes apportés au lieutenant général de Sartine. Si d'autres concurrents parurent mieux placés, Lavoisier obtint exceptionnellement une médaille d'or donnée par le roi. Il complètera de tels travaux souvent ensuite, s'en servant parfois comme marchepied pour des recherches bien plus vastes, mais aussi pour étudier l'éclairage des salles de spectacles dans la grande galerie du Louvre. Son système plafonnier utilisant la lampe d'Argand rejoindra une méthode nouvelle d'éclairage des phares mise en œuvre par Teulère et Borda.

Les problèmes de l'eau, qu'il avait abordés pendant son voyage avec Guettard, l'entraîneront dans une longue suite d'études et de débats sans fin sur les projets d'adduction des eaux de l'Yvette que proposait Deparcieux dès 1762, plans contrecarrés en 1768 par le chevalier d'Auxiron soumettant ses pompes à feu, critiquées par Lavoisier à la suite d'une enquête sur celles existant déjà. Si la construction de ces pompes fut finalement adoptée, la réalisation entraîna des méfaits, des faillites où s'affrontèrent dans des procès Beaumarchais et Mirabeau père. Un projet d'adduction des eaux de la Bièvre fut repoussé en 1789, et tout en resta longtemps là.

Les drames des vidangeurs intoxiqués faisaient rechercher un autre procédé moins malsain. "Une compagnie du ventilateur" obtint un privilège renouvelé en 1779. Mais l'Académie des sciences était saisie d'un projet "d'antiméphitique" au vinaigre conçu par Janin. Les essais devant Lavoisier furent désastreux. D'autres essais avec les pompes d'une compagnie rivale furent soumis à l'Académie à laquelle Lavoisier présenta, le 10 mars 1787, un rapport opposé à tous les privilèges risquant d'entraver le progrès. Car déjà, comme Fourcroy d'Amécourt, Lavoisier tenait le système des égouts généralisés comme le seul bon.

L'aération des salles de spectacles lui permit de faire avec Seguin des analyses d'air remarquables dont les enseignements pouvaient être utiles... "même en dépit des architectes !"...

La grande obsession du temps était la refonte de l'Hôtel-Dieu, et du système hospitalier en général. Divers transferts projetés furent refusés, de même que l'instauration d'hôpitaux sectorisés ou spécialisés. L'Académie saisie sur un projet gigantesque à l'isle des Cygnes présente une série de rapports où Lavoisier et Bailly sont les maîtres d'œuvre : on rejette l'hôpital géant, se rabattant sur la construction de quatre hôpitaux périphériques. Une souscription et un emprunt sont lancés. Mais, malgré le mémoire de Tenon revenu d'Angleterre, le ministre dilapide les fonds, et rien du projet ne sera réalisé avant longtemps.

De même un projet sur les prisons auquel Madame Necker s'intéressait et un plan d'abattoirs périphériques ne virent pas le jour malgré les efforts de Lavoisier.

Celui-ci s'occupa aussi des dangers mercuriels des fards, du saturnisme des étamages sur lequel Franklin le consultait, des aliments des gens de mer, de la ventilation des mines de charbon, de la cloche à plonger de Coulomb.

Mais l'intérêt qu'il portait au travail des hommes éclata dans les notices de prix contre l'hydrargyrisme des chapeliers et surtout en 1783 contre "*les Arts Insalubres*". Cette notice retrouvée par Lucien Scheler est une claire et émouvante synthèse de la lutte contre les accidents et les maladies du travail, véritable préfiguration de l'ergonomie.

Lavoisier, directeur de l'Académie royale des sciences

Éric BRIAN, Centre Alexandre Koyré

Avant d'assumer en 1791 la charge d'officier perpétuel de l'Académie chargée de la Trésorerie, Lavoisier dirigea la Compagnie pendant l'année 1785.

On indiquera dans un premier temps quelles furent les fonctions du directeur et quelles opportunités cette nomination pouvait offrir au chimiste.

L'année 1785 fut celle d'une profonde réforme de l'institution académique. On situera ce moment dans le mouvement de révision des règlements que connut la Compagnie depuis la fin des années 1760 et jusqu'à sa dissolution.

Il s'agira de comprendre à quels besoins ces transformations pouvaient répondre et, étant entendu que les tentatives antérieures ont échoué, quels facteurs peuvent expliquer le succès de la réforme de 1785 associé au nom de Lavoisier.

Lavoisier et la réforme des poids et mesures

Yves NOEL, Comité Lavoisier de l'Académie des sciences, université de Caen

Parmi les facettes de la multiple activité de Lavoisier, il y a la question des poids et mesures. L'importance du rôle qu'il a joué dans la genèse de ce qui sera le système métrique décimal n'est en fait pas si facile à estimer : comme on le verra, certains l'escamotèrent plus ou moins, alors que d'autres l'exagérèrent sans doute.

Mais d'abord il convient, par le rappel de quelques repères chronologiques, de situer Lavoisier dans le temps de "l'unification des mesures". On peut, de façon décidée, commencer à la Proposition de Talleyrand du 9 mars 1790 (car celle-ci aura été efficace). À l'autre extrémité, les étalons définitifs, mètre et kilogramme, seront présentés au corps législatif et déposés aux Archives le 22 juin 1799. Entre deux, Lavoisier mourra comme on le sait le 8 mai 1794, mais dès le 28 novembre 1793 il était en détention. Bref, des neuf années d'élaboration, Lavoisier en aura connu moins de quatre.

Détail, le vocabulaire "métrique" ayant connu maints changements (ainsi, pointe, puis "cadil", avant "litre" - terme postérieur à Lavoisier), il faut prendre garde aux anachronismes...

On évoquera Lavoisier et Talleyrand. Mais aussi, les liens de Lavoisier avec la métrologie avant 1790.

L'importance de la pesée dans son œuvre chimique a atteint la célébrité populaire, on connaît ses balances - cependant notre chimiste semble n'avoir appris qu'en janvier 1793 à peser par la méthode (par substitution) "proposée par M. de Borda" (mais qu'on trouve décrite par Jean Hyacinthe Magellan en 1781).

Ce à quoi Lavoisier était acquis, et dont il était pratiquant, c'est la décimalisation : témoin ce qu'il en dit dans le *Traité élémentaire de Chimie* (paru début 1789), et sa série de poids de forme tubu-

laire, livre et subdivisions décimales (1788, par Fouché) du Musée National des Techniques.

Il sera aussi question - c'est sans doute anecdotique, mais également symptomatique - des poids chinois.

Une fois la décision de réformer les mesures prise par l'Assemblée (à partir du 8 mai 1790) et l'Académie des sciences devenant l'artisan des projets, Lavoisier sera concerné (un chimiste parmi, en particulier, les Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace, Monge, Méchain, puis Delambre) et on pouvait s'y attendre, un inévitable organisateur : on pourra en donner divers exemples.

D'un point de vue scientifique, Lavoisier fut comme on sait avec René-Just Haüy chargé (avril 1791) de déterminer le poids d'un volume d'eau (d'où l'unité de poids). On connaît le procédé employé (en particulier, pesée hydrostatique, reposant sur le principe

d'Archimède), on a sur les opérations effectuées (janvier 1793) quelques détails, mais pas tout, et des questions se posent encore (cf. Arthur Birembaut, 1959). En particulier, on sait qu'en 1799 la détermination (celle "du kilogramme") fut reprise par Lefèvre-Gineau. On reste à ce propos réduit à des suppositions sur la mise à l'écart de Haüy (1743-1822).

Mais, pour en revenir à Lavoisier, on mentionnera aussi sa collaboration à la mesure des règles de Borda (mai-juin 1793). On évoquera également la question des poids parallélépipédiques...

Pour finir, on pourra se demander, par exemple, si notre nomenclature fut pour quelque chose dans le vocabulaire du système métrique, ou encore ce qu'eut été ce système sans Lavoisier, ce qu'aussi il eut été si Lavoisier avait été là jusqu'au bout...

Lavoisier et son héritage intellectuel

La diffusion des idées de Lavoisier dans le monde scientifique de langue allemande

Andreas KLEINERT, université de Hambourg (Allemagne)

En Allemagne, où la doctrine chimique de Stahl fut profondément enracinée depuis un siècle, la théorie de la combustion de Lavoisier a été reçue avec une certaine réserve, tout en provoquant beaucoup d'intérêt. Un mois après la première publication de Lavoisier sur la décomposition de l'eau, l'éditeur des *Chemische Annalen*, Lorenz Crell, fait part de cette découverte à ses lecteurs en janvier 1784. Plusieurs chimistes allemands confirment les résultats acquis par Lavoisier, mais ne partagent pas l'explication qu'il donne à ses expériences : tout en reconnaissant que l'eau est une substance composée, ils ne sont pas disposés à renoncer au phlogistique et ils essayent d'expliquer des faits nouveaux avec une théorie ancienne. Dans les manuels de chimie parus en Allemagne entre 1785 et 1790, l'existence du phlogistique n'est pas contestée. Certains auteurs mentionnent Lavoisier, mais sa théorie n'est pas présentée comme une véritable alternative à celle de Stahl. S'il bannit le phlogistique, lui reproche-t-on, il introduit en revanche d'autres substances comme le calorique et le carbone, dont l'existence est également douteuse.

La situation change très vite après la parution du *Traité élémentaire de Chimie*. En 1791, Sigismund Friedrich Hermbstaedt qui deviendra le prophète de Lavoisier en Allemagne, publie son *Systematischer Grundriss der allgemeinen Experimentalchemie*, un manuel de chimie allemand où les phénomènes sont expliqués d'après les deux systèmes. Encore dans la même année, Hermbstaedt se déclare ouvertement partisan de Lavoisier dans sa préface de la traduction allemande des *Éléments de chimie* de Chaptal et, un an plus tard, il publie sa traduction du *Traité* de Lavoisier. Dans l'introduction et dans ses notes, le traducteur ne mâche pas ses mots quand il attaque la doctrine stahlienne du phlogistique.

Un autre partisan enthousiaste de Lavoisier est le chimiste suisse Christoph Girtanner, qui travaille successivement à Göttingen et à Coburg. Comme il est indiqué dans le titre, ses *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie* (1792) sont le premier manuel de chimie allemand basé exclusivement sur Lavoisier. A l'exemple de Hermbstaedt, Girtanner défend la "chimie française" contre les objections des "phlogisticiens", dont la doctrine est solidement réfutée dans le chapitre final de l'ouvrage.

Pour l'introduction du système de Lavoisier en Allemagne, la nouvelle nomenclature est d'une importance capitale. Plusieurs

auteurs, tout en favorisant les nouvelles théories, ne voient pourtant pas la nécessité d'introduire des noms nouveaux pour les substances chimiques. C'est encore Girtanner qui s'emploie avec ardeur en faveur de la *Méthode de nomenclature chimique* de 1787, qu'il traduit en allemand en 1791. Malheureusement, sa *Neue chemische Nomenklatur für die deutsche Sprache* n'est pas pour plaire à tout le monde, car beaucoup d'expressions qu'il propose sont considérées comme impropres et plus compliquées que les noms traditionnels. Après cet échec, les traductions de la *Nomenclature* foisonnent ; il y en a eu au moins quatre jusqu'en 1793. Aucune de ses tentatives de trouver des expressions allemandes pour les noms proposés par Lavoisier n'est acceptée par le public et, après 1800, on finit par intégrer la plupart des expressions françaises dans la langue allemande, en laissant tomber le e muet final (Oxyd, Carbonat, etc.).

Parmi les adversaires de Lavoisier, il faut surtout mentionner Johann Christian Wiegleb, Lorenz Crell et Johann Friedrich Gmelin. Leurs arguments contre la nouvelle théorie se concentrent autour de plusieurs observations que celle-ci ne pouvait en effet pas expliquer à l'époque, comme, par exemple, le fait que certaines substances s'allument d'elles-mêmes dans le chlore où elles brûlent en produisant une flamme, tandis que des bougies normales s'y éteignent. En plus, on reproche aux adhérents de Lavoisier d'avoir recours à une substance aussi mystérieuse que le phlogistique en acceptant l'existence du calorique et de ne pas tenir compte du fluide électrique qui joue pourtant son rôle dans beaucoup de réactions chimiques et, notamment, dans la décomposition de l'eau à l'aide d'une étincelle. On n'a pas non plus beaucoup de sympathie pour le système de Lavoisier dans les milieux de la Naturphilosophie romantique. Ainsi, le savant danois Hans Christian Oersted, qui découvrira l'électromagnétisme en 1820, se déclare ouvertement en faveur du système mystique et obscur du chimiste hongrois Jakob Joseph Winterl, publié en 1800. D'après l'introduction à sa présentation allemande du système de Winterl, publiée en 1803, le système de Lavoisier est alors sérieusement ébranlé par les dernières découvertes de Volta.

Certains auteurs du XIXe siècle ont voulu voir des éléments de chauvinisme dans les débats pour et contre le phlogistique qui se sont déroulés en Allemagne à la suite du *Traité* de Lavoisier. Cette opinion n'est pas confirmée par des textes originaux ; l'argument que la théorie du phlogistique était d'origine allemande et qu'il fallait donc la défendre contre une théorie d'outre-Rhin n'a eu aucune importance ; le seul texte allemand qui se fait l'écho d'un certain nationalisme est d'un commissaire aux mines (*Bergkommissär*) nommé Westrumb qui, dans un compte rendu de la traduction allemande du *Traité* de Lavoisier par Hermbstaedt, se plaint de la hâte

avec laquelle les savants allemands acceptent les inventions en provenance de l'étranger et oublient les ouvrages gothiques et durables de leurs ancêtres. "Le bon Stahl, écrit Westrumb, a dit beaucoup avec peu de paroles, tandis que de nos jours, on fait beaucoup de paroles pour peu de choses". Rien ne permet de généraliser cette voix isolée.

Lavoisier et les *Annales de Chimie*

Maurice CROSLAND, université du Kent, Grande-Bretagne

Parmi les nombreuses réalisations de Lavoisier, on compte la création d'une des premières revues spécialisées en chimie, les *Annales de chimie*, fondées en 1789. Lavoisier s'associa avec plusieurs de ses collègues pour constituer un comité de rédaction. On n'a jamais jusqu'à présent étudié l'histoire de ce journal à travers la période la plus tumultueuse de la Révolution, pendant laquelle il cessa de paraître (1794-1796), et au-delà.

La découverte de notes manuscrites provenant du comité de rédaction permet maintenant de voir comment le journal reprit vie après la mort de Lavoisier. Cette résurrection est largement due aux efforts de l'ancien collaborateur de Lavoisier, Guyton de Morveau, mais il faut aussi prendre en compte l'influence d'un autre membre du comité de rédaction, Fourcroy, qui attira l'attention sur les liens de la chimie avec la pharmacie. Après la mort de Fourcroy en 1809, deux jeunes chimistes, Gay-Lussac et Thénard, entrèrent au comité de rédaction.

L'exposé n'aborde pas seulement les différentes interprétations de l'héritage de Lavoisier tel qu'on le trouve dans les *Annales*, mais aussi les difficultés matérielles rencontrées de façon répétée avec ses éditeurs successifs, dont plusieurs firent faillite. Au XIXe siècle, les *Annales de Chimie* purent paraître régulièrement et s'affirmer comme une revue internationale de premier plan en matière de chimie.

Lavoisier et le plan d'éducation du Bureau des arts et métiers

Thérèse CHARMASSON, Centre d'histoire des sciences et des techniques, Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette

En 1965, un article de K.W. Baker et de W.A. Smeaton, paru dans *Annals of Science*, a mis en doute l'attribution généralement faite à Lavoisier du plan d'éducation et du projet de décret soumis à la Convention nationale, en septembre 1793, par le Bureau de consultation des arts et métiers.

La découverte dans les papiers de Lavoisier, qui se trouvaient en possession de ses héritiers et qui ont récemment fait l'objet d'une dation aux Archives de l'Académie des sciences, de deux versions de ces *Réflexions sur l'instruction publique* (dont l'une est autographe) et de quatre versions du projet de décret (une version autographe, deux partiellement autographes, une copie avec quelques annotations de la main de Lavoisier) permet de renouveler entièrement l'approche de ces deux textes.

D'autres manuscrits autographes de Lavoisier, dont des *Réflexions sur le plan d'instruction publique de Talleyrand* et un opuscule "Sur la manière d'enseigner la chimie" témoignent de l'intérêt porté par Lavoisier aux problèmes de l'enseignement et, plus particulièrement, de l'enseignement scientifique et technique.



Bas-relief de la statue de Lavoisier, par Barrias (musée de Grenoble) représentant A.-L. Lavoisier, Condorcet, Lagrange, Lamarck, Laplace, Berthollet, Monge, Guyton de Morveau et Vico d'Azir (de droite à gauche).

Nous nous efforcerons d'établir la chronologie des différentes versions des *Réflexions sur l'instruction publique* et, de façon plus générale, d'examiner l'apport de Lavoisier dans l'œuvre éducative de la Révolution.

Les papiers de Lavoisier à l'Académie des sciences

Christiane DEMEULENAERE, Archives et patrimoine historique de l'Académie des sciences

Les Archives de l'Académie des sciences détiennent un trésor inestimable : les archives de Lavoisier, que l'exposition récente "Il y a 200 ans, Lavoisier", présentée au début de l'année 1994 à la Chapelle de la Sorbonne, a permis de faire mieux connaître et apprécier d'un public plus large.

Antoine-Laurent Lavoisier, grand administrateur, homme des comptabilités et intellectuel théoricien, présente le profil type du grand producteur d'archives. Et, en effet, ses juges de l'an II ont bien eu soin de confisquer ses papiers, convaincus qu'ils étaient d'y trouver matière à alimenter leurs accusations.

Dès la tourmente de la Terreur apaisée, Marie-Anne Paulze-Lavoisier travaille avec acharnement à récupérer ses biens, la bibliothèque et les papiers de son mari et ses instruments de laboratoire. A sa mort en 1836, faute de descendants directs, elle lègue le tout à sa nièce, Mme de Chazelles.

Vers le milieu du XIXe siècle, Léon de Chazelles, soucieux d'élever un monument à la gloire de l'illustre ancêtre de sa femme, envisage avec Jean-Baptiste Dumas, lui-même chimiste et plus tard secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, d'entreprendre une publication des œuvres complètes d'Antoine-Laurent Lavoisier. A cette occasion, il met en ordre les papiers qu'il a entre les mains, en donne une part aux bibliothèques municipales d'Orléans et de Clermont-Ferrand, et confie la plus grande partie du reste, essentiellement des mémoires scientifiques et une partie de la correspondance de Lavoisier, à l'Académie des sciences.

Comme toutes les grandes entreprises, la publication des œuvres de Lavoisier se heurte à bien des difficultés et les premiers volumes ne paraissent qu'en 1862-1864. A la mort de Dumas, en 1884, Édouard Grimaux reprend le flambeau et publie, en 1892-1893, les volumes 5 et 6 des *Œuvres* de Lavoisier.

En 1894, éclate l'affaire Dreyfus qui va brouiller Grimaux et la famille de Chazelles et inaugurer une période de grand trouble - qui a duré près d'un siècle - dans l'histoire des archives de Lavoisier. Les multiples vicissitudes des papiers Lavoisier ont connu un dénouement récent, mais peut-être encore provisoire, sur le quai d'une gare du Centre de la France ; pour l'heure, on peut penser que l'essentiel des papiers donnés à l'Académie des sciences par Léon de Chazelles et complétés par la dation récente faite à l'État, c'est-à-dire à l'Académie des sciences, des derniers documents conservés dans la famille de Chabrol, restituée, à l'exception toutefois des papiers qui se trouvent outre-Atlantique à l'Université Cornell et éventuellement entre les mains de collectionneurs privés, l'intégralité des documents que Lavoisier produisit ou reçut au cours d'une existence particulièrement féconde.

Les papiers de Lavoisier que conserve l'Académie des sciences - soit un ensemble remarquable de près de 2 000 cotes d'archives - illustrent les multiples activités de cet homme Protée, tant dans le domaine de l'administration financière et industrielle de la France à laquelle il prit une part active, que dans celui des entreprises de réforme de la société auxquelles il associa son action, ou dans celui, infiniment vaste, des divers champs scientifiques qu'il explora.

De plus, Lavoisier, en homme de son temps, ne sut pas toujours faire clairement la distinction entre les documents afférant à l'exercice de ses fonctions officielles et ses archives personnelles. Dans le fonds Lavoisier, se trouvent donc aussi conservés des documents qui procèdent du fonctionnement normal de l'Académie des sciences, dont Lavoisier fut directeur en 1785 et trésorier à partir de 1791 : de nombreux mémoires soumis au jugement de l'Académie, des pièces de comptabilité et de nombreux autres documents qui appartiennent organiquement au fonds des archives de l'Académie royale des sciences.

Les collections Lavoisier à l'université Cornell

D.W. CORSON et L.P. WILLIAMS, université Cornell, Ithaca (État-Unis)

Cette présentation amplement illustrée offre une étude de l'histoire, du contenu et de l'étendue de la collection Lavoisier, à l'université Cornell, qui constitue la plus importante collection de documents concernant Lavoisier conservée hors de France et la plus diverse de toutes les importantes collections Lavoisier. La collection originale fut rassemblée durant les années 1940-1950 par Dennis Duveen, le bibliophile et bibliographe américain de Lavoisier bien connu, et achetée par l'université Cornell en 1962, à la suite des efforts de Henry Guerlac. Depuis son acquisition par Cornell, d'importants documents, imprimés et manuscrits, sont venus accroître la collection originale et, aujourd'hui, elle compte plus de 2 000 livres imprimés, plus de 300 manuscrits, des dessins et des cartes, et un petit mais significatif nombre d'objets ayant trait à Lavoisier et à sa famille. La collection est aujourd'hui une des sections les mieux connues et le plus souvent utilisées de la Bibliothèque d'histoire des sciences de l'université Cornell.

La collection de Cornell comporte quatre grandes catégories de documents : 1) une partie importante de la bibliothèque personnelle de Lavoisier, y compris presque toutes les éditions de ses propres publications, 2) plusieurs centaines de manuscrits relatifs à Lavoisier, à sa famille et aux savants de son entourage, 3) une large bibliothèque des articles et traités publiés par les savants contemporains de Lavoisier, 4) de nombreux dessins et objets en relation avec Lavoisier et sa famille, et 5) une large collection des publications modernes et de documentation relative à Lavoisier, à sa vie et à ses travaux scientifiques.

Bien qu'elle compte plus de 2 000 ouvrages, le cœur de la collec-

tion Lavoisier de Cornell est constitué par 671 volumes (représentant 430 titres) provenant des bibliothèques personnelles de Lavoisier et de sa femme. La plupart de ces volumes comportent soit l'ex-libris de Lavoisier, soit sa signature ; presque tous proviennent de la famille de Chazelles, qui descend directement du frère de Mme Lavoisier. Parmi ces volumes extraordinaires, on trouve l'exemplaire personnel de Lavoisier de la première édition du *Traité élémentaire de Chimie*, ainsi que la présentation à Lavoisier de la première traduction en anglais du *Traité*. En outre, la collection renferme également plusieurs centaines de périodiques contemporains contenant des articles de Lavoisier et une grande série de rares tirés à part d'articles de Lavoisier. Au total, plus de 90 % des références citées dans la *Bibliographie des Œuvres d'Antoine-Laurent Lavoisier* de Duveen et Klickstein (1954 ; *Supplément*, 1965) se trouvent dans la collection de Cornell.

La partie "archives" de la collection Lavoisier de Cornell est non moins riche et comprend 74 volumes manuscrits reliés (dont les trois quarts proviennent de la bibliothèque personnelle de Lavoisier), ainsi que 250 manuscrits non reliés. Ces manuscrits apportent des renseignements sur la diversité des intérêts de Lavoisier, aussi bien en matière de sciences que dans sa vie publique et politique. Sont particulièrement importants les articles qui ont trait à sa famille, son mariage, ses premiers intérêts pour la minéralogie et la géologie, ses affaires financières, sa participation aux activités de l'Académie des sciences, son emprisonnement et sa mort. On doit particulièrement signaler les notes de travail originales concernant la démonstration à grande échelle de la décomposition et de la synthèse de l'eau réalisée en 1785 sous le contrôle de l'Académie des sciences, et les inventaires notariés des biens de Lavoisier, y compris ses ouvrages scientifiques et ses appareils, établis après son emprisonnement et sa mort.

Parmi les documents iconographiques conservés dans la collection Cornell, se trouve l'exemplaire personnel de Lavoisier de la magnifique série des 182 cartes régionales de la France établies par Cassini de Thury. L'exemplaire de Lavoisier de la première cartographie moderne de la France constitue aujourd'hui un des rares ensembles complets existant en Amérique du Nord. Plus dramatique cependant, figurent parmi les documents iconographiques de cette collection les dessins et les épreuves originales réalisées par Mme Lavoisier pour les planches du *Traité élémentaire de Chimie*. Depuis les aquarelles originales de chaque pièce des appareils, ce fonds, qui témoigne amplement de la collaboration de Mme Lavoisier avec son mari, comprend aussi 46 feuilles d'épreuves pour ses illustrations, beaucoup annotées de sa main.

L'importance de ce qui est aujourd'hui la collection Lavoisier de Cornell a été appréciée depuis des décennies. En 1943, quand ce qui en constitue le noyau était encore en possession de Mme de Chazelles, des documents en provenance furent exposés au Palais de la Découverte à l'occasion du bicentenaire de la naissance de Lavoisier. Au cours des années, grâce aux efforts de Dennis Duveen, de Lucien Scheler, d'Henry Guerlac et d'autres, la collection s'est considérablement enrichie. A l'occasion du bicentenaire de la mort de Lavoisier, il convient une fois encore de rappeler la richesse et la diversité de ces extraordinaires archives pour l'étude de la vie et de l'œuvre de Lavoisier.

Journée Lavoisier en Loir-et-Cher

La formation du grand domaine de Freschines par Lavoisier

M. GOBILLON, Blois

Antoine-Laurent Lavoisier désirait acquérir un domaine afin de faire des expériences, des mesures sur la culture des plantes et l'élevage des animaux. La terre de Freschines était à vendre. Il s'en porte acquéreur en 1778.

Le 21 mars 1778, il signa avec son épouse l'acte d'achat de la "terre, fief et seigneurie de Champ-Renaud" près de Freschines, sur les paroisses de Villefrancœur et de Champigny-en-Beauce. Le propriétaire en était Jean-Baptiste Donatien de Vimeur, comte de Rochambeau, maréchal des camps et armées du Roi, inspecteur général d'infanterie, commandant et grand croix de l'ordre militaire de Saint-Louis. Il fut nommé maréchal de France en 1791.

Cette terre ne comprenait que 200 arpents de terres et bois, mesure de Vendôme, et fut achetée pour la somme de 45 000 livres constituée par une rente annuelle et perpétuelle de 2 250 livres.

Le 26 mars, le savant et Madame Lavoisier signèrent l'acte d'achat du domaine de Freschines, beaucoup plus important. Il comprenait le château construit en 1763 par le vendeur Jean-Baptiste Begon, écuyer de la grande famille blésoise des Begon. La superficie totale des terres et bois était d'environ 1 250 arpents, mesure de Vendôme. Le prix en fut fixé à 235 000 livres, 135 000 livres versées lors de la signature du contrat et les 100 000 livres restantes produiront une rente annuelle et perpétuelle de 5 000 livres en espèces sonnantes d'or et d'argent.

Monsieur et Madame Lavoisier firent d'autres achats : le château de Thoisy à la Chapelle-Vendômoise et les terres attenantes, achetées en 1784 pour la somme de 100 000 livres. Le savant revendit le château en 1793 à son collègue de l'Académie des sciences Charles de Coulomb.

Ils achetèrent également des biens nationaux appartenant auparavant à la cure de Villefrancœur, à l'abbaye St-Laumer de Blois et à l'abbaye de Fontevault.

Lors du décès de Lavoisier, le domaine de Freschines comprenait avec la terre de Champ-Renaud environ 3 000 arpents, mesure de Vendôme, environ 1 600 hectares.

Lavoisier, grâce à ce domaine,

- fit des expériences scientifiques : le 21 août 1794, fut fait l'inventaire des meubles et objets trouvés au château par le citoyen Besson, ancien curé de Saint-Sulpice, signé par Petard, maire de Villefrancœur et Boyer agent. On lit : 4 baromètres, un trébuchet, deux romaines, 4 flacons, 6 bocaux, 1 flacon d'alkali, 2 flacons d'acide vitriolique, 2 flacons d'eau forte, un alambic de métal etc [1],

- améliora les méthodes de culture : "Peu à peu il créa des prairies artificielles, cultiva avec succès la betterave et la pomme de terre (qu'il fut le premier à produire en Blésois)". Il améliora la race des animaux de la ferme en faisant venir les brebis d'Espagne et des vaches de la vacherie modèle de Chanteloup. "Il finit par triompher du préjugé qui faisait regarder le parcage des moutons comme nuisible au sol" [2].

Lavoisier venait à Freschines environ deux fois par an, au printemps et à l'automne. Il y restait deux ou trois semaines chaque fois. Il vint le 15 septembre 1792. Il repartit en novembre pour ne plus revenir.

[1] AD Blois f 1719

[2] Lavoisier 1743-1794, par Édouard Grimaux, Paris, Félix Alcan, 1888.

Le rôle historique de Lavoisier dans le Blésois

Jean-Marc DELECLUSE, Coulanges

Découvrir la pensée et l'action politique de Lavoisier à partir des sources connues en Loir-et-Cher est une gageure. Néanmoins, les événements blésois de la préparation des États généraux, au cours du mois de mars 1789, permettent de suivre une campagne électorale, des prises de position, des illusions aussi.

Noble de fraîche date, aux idées libérales, il est au cœur du débat qui anime la France pendant la période de l'assemblée des notables. Appelé par le roi à représenter le tiers état à l'assemblée provinciale de l'Orléanais, il définit une ligne de conduite à suivre pour le royaume et pour lui.

Propriétaire terrien aux environs de Blois, il avance très clairement ses idées dans la rédaction des cahiers de doléances paroissiaux, mais plus maladroitement sa personne. Sa stratégie électorale manque de réalisme et face à la duplicité de ses adversaires, il improvise. Échouant face aux électeurs du tiers, il convainc insuffisamment la noblesse locale. Trop crédule ou mal implanté dans le réseau des relations nobiliaires, il ne peut faire oublier qu'il est fermier général et ne reçoit qu'un soutien fait de civilités et de considération intellectuelle. Il prête sa plume et son talent, mais n'obtient qu'un mandat honorifique, celui de député suppléant. Il donne son temps, son argent, il promet, mais il s'engue, dans un premier temps, dans une opposition procédurière, dans un second, dans une occupation à plein temps de secrétaire de séance. Il se fait conspuer d'abord, écarté poliment ensuite.

Déçu - on le serait à moins -, Lavoisier ne paraît pas varier dans ses idées, celles d'un idéal humaniste dans le cadre d'une monarchie constitutionnelle ; par contre, il devient plus circonspect dans le rôle politique qu'il entend jouer. A Paris, dans les semaines qui suivent son expérience blésoise, il reste en retrait, semble-t-il ; et, quand les événements nationaux démentiront et emporteront la perspective idéale dans laquelle il voyait l'avenir de la France, en juin 1792 notamment, il renonce au rôle de ministre sans pouvoir réel que le roi lui propose. Sa position est cette fois clairvoyante et sa lucidité entière !

La connaissance de sa correspondance particulière dans cette période devrait préciser la part d'irréalisme politique chez ce savant qui fait preuve par ailleurs de tant de pragmatisme. La politique était-elle le seul domaine d'action qui lui était étranger ? Mais qu'est-ce que la réalité "politique" dans le bouillonnement révolutionnaire ?

Disant de lui-même qu'il n'était "ni jacobin, ni feuillant" (lettre au roi du 15 juin 1792), Lavoisier, trop avancé en 1787 et déjà dépassé en 1792, était-il apte à faire de la politique en 1789 ?

Lavoisier et l'assemblée provinciale de l'Orléanais

Philippe SAVOIE, Comité Lavoisier de l'Académie des sciences

Lavoisier fut désigné en 1787 par le roi pour représenter le tiers état à l'assemblée provinciale de l'Orléanais. Il participa ainsi, dans le contexte de la crise financière et politique finalement fatale à l'Ancien Régime, à une ambitieuse - et éphémère - tentative de décentralisation administrative, inspirée d'idées lancées un quart de siècle plus tôt par le marquis d'Argenson et les physiocrates, et réalisée par Loménie de Brienne après avoir été envisagée ou expérimentée localement par Turgot, Necker et Calonne.

La réforme visait à rétablir des assemblées représentatives dans

les pays d'élections, qui n'aient pas le caractère conservateur des états provinciaux (encore vivants dans les provinces rattachées plus récemment à la couronne). Le tiers état y avait la moitié des représentants (mais beaucoup, comme Lavoisier lui-même, de petite noblesse ou attachés par intérêt personnel aux privilèges). A terme, les assemblées provinciales devaient être composées de délégués d'assemblées de départements (un mot nouveau dans le vocabulaire politique), elles mêmes issues d'assemblées municipales élues selon un sévère suffrage censitaire. Pour l'heure, elles étaient pour moitié désignées par le roi et, pour l'autre moitié, cooptées (l'abbé Sieyès entra à ce titre dans celle d'Orléans).

Ces assemblées étaient dotées d'une commission permanente et d'un exécutif, mais leur capacité d'action restait soumise à l'autorité et à la bonne volonté de l'intendant.

Lavoisier eut un rôle très actif au sein de l'assemblée de l'Orléanais, réunie en session plénière du 17 novembre au 22 décembre 1787, comme membre du "bureau du bien public et de l'agriculture" et du comité chargé de l'ordre du jour, puis comme membre de la commission intermédiaire. A ce titre, il fut plus souvent à Paris qu'à Orléans, et il servit plutôt d'ambassadeur, de négociateur et de conseiller, faisant bénéficier ses collègues de ses relations officielles et scientifiques.

Lors de la session de l'automne 1787, Lavoisier produisit plusieurs mémoires, notamment un important travail sur "Agriculture, commerce et institutions de bienfaisance", dans lequel il se prononce pour la liberté du commerce, et adopte des positions peu conformes aux intérêts immédiats de la Ferme générale.

Mais ce sont les questions fiscales qui dominèrent les travaux des assemblées. Lavoisier s'opposa à l'édit remplaçant la corvée par un impôt, mais il eut en revanche une part active dans la position particulièrement conciliante que prit l'assemblée de l'Orléanais à l'égard de la réforme des vingtièmes, acceptant une forte augmentation du montant versé par la province en contrepartie d'un abonnement et d'une extension de cet impôt à tous les revenus, même royaux. L'assemblée du département d'Orléans et Pithiviers s'insurgea, avec une solide argumentation, contre cet accord.

Dans le royaume, la réforme fut discréditée par l'affaire des vingtièmes, la façon dont le gouvernement tenta d'utiliser les assemblées provinciales, et l'incapacité des ces dernières à gagner dans l'action la légitimité dont les privait leur mode de désignation. La convocation des États généraux, en août 1788, sonna le glas des assemblées provinciales, qui n'eurent jamais l'occasion de tenir une deuxième session, et encore moins celle de procéder d'une élection. Lavoisier fut député suppléant de la noblesse du bailliage de Blois pour les états généraux et n'y eut donc pas un rôle comparable à celui qu'il avait joué dans l'institution de 1787.

La philosophie politique de Lavoisier

André ROBINET, *Orchaise*

On suit fort précisément aujourd'hui le discours politique externe de Lavoisier, au niveau événementiel comme au niveau de la politique politicienne. Les structures stabilisantes qui se trouvent dans les écrits de ses dix dernières années mettent en évidence la revendication d'une participation au pouvoir politique sous une forme constitutionnelle, ou monarchique ou républicaine. Si l'exécutif reste souverain et les pouvoirs séparés selon les leçons de Montesquieu, le législatif prend une importance qui finit par relativiser le poids du détenteur de l'exécutif.

On repère aisément un premier cercle d'influence physiocratique, exprimé en fonction de Mill, de Hume, de Turgot et de Nemours, qui traite des échanges en fonction d'un "cours ordinaire de la nature", où tout est dirigé par une loi "qui tend à l'équilibre". Témoin

la discussion avec Mirabeau et Talleyrand.

Un second cercle de remarques est plus philosophiquement marqué par le rôle que peut jouer la raison pour influencer sur le cours de cette nature. Il est de bon ton, dans les comparaisons entre états généraux passés et présent, d'opposer Montesquieu à l'absolutisme de Bodin, et Rousseau à Machiavel et à Hobbes. Mais la raison à elle seule peut-elle assurer le bonheur de l'homme ? Au plus fort du conflit entre Condorcet et Robespierre, la Révolution s'aperçoit de l'urgence d'un culte de l'Être suprême, qui révèle l'antinomie entre bonheur et vertu.

Un troisième cercle ouvre sur une conception profonde du droit naturel, "droit antérieur aux conventions humaines et imprescriptibles par leur nature", droit "dont la jouissance et l'exercice doit être irrévocablement assuré". L'objectif qui en découle est celui d'une constitution politique passée entre l'exécutif et le législatif qui soit fixe, invariable, et que le monarque "ne pense en aucun cas à la changer ni à la modifier sans le concours de la nation". Qu'est-ce qui assure l'imprescriptibilité de ces droits ? Grégoire les réfère à la primitive église que les hiérarchies ont défigurées. Lavoisier en trouve l'inspiration dans la notion d'une "tranquillité" et d'une "jouissance paisible" des effets de la justice commutative (propriétés respectables) et de la justice distributive (contribution égale, proportionnelle et imposée à tous). Il tient cette inspiration des grands jusnaturalistes, Grotius, Pufendorf, Leibniz, avec des nuances rousseauistes sur un certain état d'"innocence". Quand il réclame une protection spéciale des états généraux pour "cette portion respectable de la nation qui partage son temps entre la culture de son champ et la défense de l'État", il associe le Candide de la Chapelle-Vendômoise au Voltaire de Sans-Souci. Mais il avait le sens d'un "optimum" et d'un progrès en sinusoïde, ce dont il eut démonstration.

Sur la notion de révolution scientifique : une contribution méconnue de Lavoisier

Bernadette BENSUADE-VINCENT, *université de Paris X-Nanterre*

Dans ces récits traditionnels, la révolution chimique se présente comme un drame en deux actes. Le premier, correspondant approximativement à la période 1772-1785, met en scène Lavoisier seul ou presque, entouré de quelques figurants servant à rehausser ses exploits. Lavoisier mène l'action, déroulant avec conscience et méthode un programme révolutionnaire qui devait transformer les pratiques comme la structure théorique de la chimie. Au deuxième acte, relatant les événements de 1785 à 1794, la scène se peuple d'une foule de personnages. Viennent les disciples et l'entreprise collective de la réforme du langage, charte fondatrice de la chimie moderne. Puis viennent les adversaires et la bataille rangée qui s'achève par la victoire finale du nouveau paradigme.

Telle est, brièvement résumée et dramatisée, la trame sur laquelle s'est formé un consensus d'interprétations. Mais ce récit canonique ne serait-il pas inspiré par notre notion moderne de révolution scientifique ? Plus généralement n'est-il pas façonné par une idée de révolution-rupture dont le sens a été largement fixé en notre langue par l'épisode postérieur de la Révolution française ?

Grâce aux progrès récents de l'historiographie de la révolution chimique, on peut mettre à jour d'autres interprétations possibles de l'œuvre de Lavoisier et du changement opéré dans la chimie.

Aussi pour commémorer le bicentenaire de la mort de Lavoisier, cette communication invite-t-elle à un regard critique sur notre héritage historiographique. Cette analyse réflexive conduit à un renversement de la perspective traditionnelle et permet de mettre à jour une dimension nouvelle du travail de Lavoisier qui, par ses propres récits, a contribué à façonner notre concept moderne de révolution scientifique.

1794-1994
Bicentenaire
Lavoisier



1994
Année
de la chimie

“Car rien ne se crée, ni dans les opérations de l’art, ni dans celles de la nature, et l’on peut poser en principes que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l’opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu’il n’y a que des changements, des modifications. C’est sur ce principe qu’est fondé tout l’art de faire des expériences en chimie.”

Lavoisier

Extrait du *Traité élémentaire de Chimie*, Cuchet, Paris, 1789, p. 140-141.

La commémoration de la mort de Lavoisier, guillotiné le 8 mai 1794, est un événement que la Société Française de Chimie ne pouvait pas ne pas marquer. C’est pourquoi, nous voudrions exposer ici, de façon claire et précise, quelques points parmi les plus importants de l’apport de Lavoisier à la chimie. Le sujet est si vaste et si riche que le choix reste difficile. Aussi avons-nous voulu essayer de faire ressortir les caractéristiques essentielles de sa méthode personnelle. Car plus que de découvertes - peu de découvertes de nouveaux corps peuvent lui être attribuées - c’est bien d’une méthode qu’il s’agit. Ne nous prévient-il pas lui-même :

“une partie des expériences [...] ne m’appartiennent pas en propre ; peut-être même rigoureusement parlant, n’en est-il aucune dont M. Priestley ne puisse réclamer la première idée ; mais comme les mêmes faits nous ont conduits à des conséquences diamétralement opposées, j’espère que, si on me reproche d’avoir emprunté des preuves des ouvrages de ce célèbre physicien, on ne me contestera pas au moins la propriété des conséquences” [1].

Car la lutte est serrée, une recherche

fébrile se déroule dans tous les laboratoires de chimie d’Europe. L’identification des gaz et la découverte de nombreux acides organiques en sont une des causes, les insuffisances ou les faiblesses de la théorie du phlogistique en sont d’autres.

En 1773, Lavoisier envisage de créer *“une révolution en chimie et en physique”*. Pour cela, il pose les bases d’un **vaste programme de recherches** dont la synthèse biographique et scientifique de P. Bret suggère toute la richesse et la logique d’entreprise.

La postérité retient souvent de Lavoisier qu’il est l’inventeur de **l’oxygène**. Or Lavoisier n’a pas inventé l’oxygène en tant que tel ; il fait plus, en ce sens qu’il lui confère des propriétés essentielles et fondatrices dans une nouvelle théorie chimique ; il explique, grâce à ce principe matériel, la combustion et la formation des acides (voir article D. Fauque). Voici toute une classe de corps qui suivent une règle bien établie même si quelques contradictions subsistent comme c’est le cas pour l’acide chlorhydrique et l’eau. Mais l’eau cesse d’être un élément ; en grande pompe, sa

décomposition et sa synthèse sont réalisées devant un parterre de personnalités (voir article J.-C. Compain).

Un second aspect important, retenu par la mémoire collective, est l’apport du **calorique**. Lavoisier a mis à bas la chimie des principes, mais le principe inflammable de Stahl cède la place au calorique ou principe de la matière de la chaleur. Lavoisier lui ajoute cependant un caractère très original : c’est de la quantité de calorique que contient un corps que va dépendre son état physique. Tout corps peut passer d’un état à un autre selon qu’il contient plus ou moins de ce principe :

“on en peut dire de tous les corps de la nature ; ils sont ou solides, ou liquides, ou dans l’état élastique et aériforme, suivant le rapport qui existe entre la force attractive de leurs molécules et la force répulsive de la chaleur, ou, ce qui revient au même, suivant le degré de chaleur auquel ils sont exposés” [2].

La quantité de chaleur est donc une quantité mesurable. Laplace et Lavoisier en feront la démonstration magistrale avec le célèbre *Mémoire sur*

la chaleur de 1783 (voir article P. Brouzeng et D. Fauque).

Enfin l'apport, peut-être le plus fondamental de Lavoisier, porte sans doute sur la pratique exigeante de la **mesure**, le rôle des mesures, l'obsession de la précision, car une expérience d'abord réalisée sur le plan qualitatif est ensuite effectuée de façon quantitative puis refaite de nombreuses fois dans le souci de se rapprocher le plus possible d'une parfaite concordance avec les calculs prévisionnels. L'intime conviction que la masse ne se perd ni ne se crée au cours d'une réaction chimique, qu'elle s'échange au gré des recompositions, guide de façon absolue la pratique du laboratoire. Cette approche nécessite un investissement en instruments de haute précision sans cesse adapté à la demande, ce que la fortune du fermier général Lavoisier pourra permettre (voir articles B. Bensaude et B. Jacomy).

Mais la **balance** dépasse le cadre de son rôle au laboratoire. Elle est le symbole même de l'homme Lavoisier, pour autant que tout homme est en entier dans chacune de ses activités, comme nous le décrit B. Bensaude.

On aurait pu alors s'attendre à ce que le savant épaulé l'industriel, or ce grand calculateur n'a pas eu d'influence directe sur l'**industrie chimique**. L'homme est avant tout homme de cabinet et grand commis de l'État (voir article J.-P. Poirier). Cependant, il sut former des hommes qui, appliquant ses méthodes, fondèrent des industries où l'esprit de la nouvelle chimie s'avéra particulièrement fécond. L'article de J. Tronc, de la société Du Pont de Nemours, nous apporte ici un témoignage de cette réussite en la personne de E.-I. Du Pont de Nemours, élève et assistant de Lavoisier jusqu'en 1791.

Nous avons voulu donner une place d'honneur à Marie-Anne Paulze, son épouse belle et intelligente, qui le secondait au laboratoire. M. J.-P. Poirier en peint un portrait fort attachant.

Père de la chimie moderne, dit-on, mais aussi héritier des Anciens dont il connaissait les écrits, Lavoisier est pleinement un homme des Lumières, économiste, agronome autant que scientifique, n'ignorant rien de son époque, ainsi qu'en témoigne l'analyse

de sa **bibliothèque** par M. Beretta.

Comme on vient de le lire, il a été délibérément choisi de parler principalement de l'œuvre de Lavoisier ; d'autres articles au cours de l'année éclaireront telle ou telle personnalité de son entourage dont le rôle ne saurait être négligé dans cette vaste entreprise de reformulation de la chimie.

La regrettée Michelle Goupil a su, en d'autres lieux, nous parler de ce "Collectif Lavoisier" dont la *Méthode de Nomenclature* est un des témoignages.

Pour conclure ici, nous ne pouvons que conseiller aux lecteurs de consulter les ouvrages sur Lavoisier qui viennent de paraître.

Danielle Fauque

Club d'Histoire de la Chimie
(ESPCI, 10, rue Vauquelin,
75231 Paris Cedex 05)

Références bibliographiques

- [1] Lavoisier A.-L., *Œuvres*, éd. J.-B. Dumas, Imp. imp. 1864, t. II, p.130.
[2] Lavoisier A.-L., *Traité élémentaire de Chimie*, Cuchet, 1789, p.4.

Glossaire

Nous rappelons ici la signification des termes anciens donnée par la *Méthode de Nomenclature* (1787) avec leur signification moderne (en italiques) autant qu'il est possible.

Acide crayeux : acide carbonique, acide aérien, acide atmosphérique, acide méphitique, acide charbonneux ; *dioxyde de carbone* produit par action d'un acide sur la craie.

Acide du nitre : *acide nitrique*.

Acide marin : acide muriatique, *acide chlorhydrique*.

Acide marin déphlogistiqué : acide muriatique déphlogistiqué, acide muriatique oxygéné, acide marin aéré ; gaz chlore, *dichlore*.

Acide muriatique : voir acide marin.

Acide nitreux : acide nitreux rutilant, acide nitreux phlogistiqué, acide nitreux fumant, esprit de nitre fumant ; *acide nitrique*.

Acide vitriolique : huile de vitriol ; *acide sulfurique*.

Air déphlogistiqué : air du feu, air éminemment respirable, air pur, air vital ; gaz oxygène, *dioxygène*.

Air des effervescences : voir air inflammable.

Air du feu : voir air déphlogistiqué.

Air éminemment respirable : voir air déphlogistiqué.

Air fixe : gaz acide carbonique, air factice ; *dioxyde de carbone*.

Air inflammable : gaz hydrogène, *dihydrogène*.

Air nitreux : *monoxyde d'azote*.

Air phlogistiqué : mofette, air vicié ; gaz azote, *diazote*.

Air pur : voir air déphlogistiqué.

Air vital : voir air déphlogistiqué.

Alcalis : terme général pour les bases telles que hydroxyde de potassium, hydroxyde de sodium, ammoniac.

Alun : *sulfate double de potassium et d'aluminium hydraté*.

Calorique : matière de la chaleur, principe de la chaleur, principe impondérable dont la plus ou moins grande quantité dans un corps définit l'état physique de celui-ci ; donne la propriété d'élasticité aux gaz par sa tendance à l'expansion.

Chaux : terme générique pour les oxydes.

Chaux de mercure : *oxyde rouge de mercure* ou précipité per se.

Chaux métallique : *oxyde métallique*.

Foie de soufre : hépar, terme générique pour les sulfures.

Hépar : voir foie de soufre.

Huile de vitriol : voir acide vitriolique.

Mofette : voir air phlogistiqué.

Muriate suroxygéné de potasse : *chlorate de potassium*.

Or fulminant : oxyde d'or ammoniacal.

Oxygène : voir air déphlogistiqué.

Phlogistique : principe inflammable de Stahl.

Potasse : *carbonate de potassium*.

Précipité per se : oxyde rouge de mercure.

Pyrite : terme pour les sulfures métalliques de fer ou de cuivre.

Salpêtre : nitre ; *nitrate de potassium*.

Sel marin : *chlorure de sodium*.

Soude : *carbonate de sodium*.

Soude caustique : *hydroxyde de sodium*.

Antoine-Laurent Lavoisier

(1743-1794)

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Repères biographiques et scientifiques

Patrice Bret * secrétaire général du Comité Lavoisier de l'Académie des sciences

- 1743** Naissance à Paris (26 août), impasse Pecquet, quartier des Blancs-Manteaux. Il est baptisé à Saint-Merry. Son père, Jean-Antoine, est procureur au Parlement.
- 1746** Mort de sa mère, Emilie Punctis (mars).
- 1748** Son père emménage chez sa belle-mère avec son fils et sa fille.

Les années de formation

- 1754-1761** Études au Collège Mazarin. Excelle en lettres, mais restera **profondément marqué par l'enseignement de l'abbé La Caille**, qui lui fait découvrir la rigueur des mathématiques.
- 1761-1764** Études de droit.
- 1762** Premières observations météorologiques et barométriques. Suit le **cours de chimie de G.F. Rouelle** (hiver 1762-1763).
- 1763** Premières excursions scientifiques : Villers-Cotterêts (berceau familial), les environs de Paris avec le botaniste B. de Jussieu, et le Valois : **début d'une longue collaboration avec le minéralogiste J.E. Guettard**. Bachelier en droit (septembre).
- 1764** Licencié en droit, reçu avocat au Parlement de Paris (juillet). Prépare le concours de l'Académie des sciences sur l'éclairage public (août). Poursuit ses excursions, avec Jussieu ou Guettard, jusqu'à Mézières. Premiers travaux sur le gypse.
- 1765** **Premier mémoire à l'Académie : Analyse du gypse** (février). Courses géologiques dans la région parisienne, le Vexin normand et le Valois.
- 1766** Médaille d'or de l'Académie (concours sur l'éclairage public), mais échec d'une candidature à un siège d'adjoint chimiste (avril). Excursions géologiques dans le Bassin Parisien avec Guettard. Mémoires sur la nature des éléments (mai) et travaux sur la réduction des chaux (oxydes) métalliques (septembre).

- 1767** Grand voyage minéralogique dans l'Est avec Guettard (juin-octobre).

L'entrée dans la carrière

- 1768** **Entre à la Ferme générale** comme fermier adjoint (mars). Après un rapport favorable sur des mémoires sur les eaux minérales, il est **élu adjoint chimiste surnuméraire à l'Académie des sciences** (18 mai). Étude de la conversion des eaux en terre (août-novembre).
- 1769** Mémoire sur la densité des fluides (février-avril). Six mois de tournée pour la Ferme générale, en Champagne, en Valois, et dans les Flandres, agrémentée d'observations géologiques (à partir de juillet).
- 1770** Série de voyages et de tournées Haute-Normandie (avril), en Champagne, Flandres et Picardie (juillet-décembre), avec observations scientifiques. Mémoires de minéralogie à l'Académie d'Amiens (août) et sur la conversion de l'eau en terre à l'Académie des sciences (novembre).
- 1771** Série d'expériences sur la pesanteur spécifique de l'eau, sur le diamant, sur la chaleur latente de la fonte de la glace, sur la solubilité des sulfates. Le 16 décembre, il épouse Marie-Anne Pierrette Paulze.

Les années cruciales : la conception de la révolution chimique

- 1772** Expériences sur le diamant. Présentation à l'Académie des travaux de Guyton de Morveau sur le phlogistique dans la calcination et de ceux de Priestley sur l'air fixe (février-juillet). **Associé à la classe de chimie de l'Académie** (29 août). Commence deux ans d'expériences sur la combustion au moyen du verre ardent. **Dépose un pli cacheté concluant à l'absorption d'air dans la combustion** du soufre et du phosphore (2 novembre).

* Académie des sciences, 23, quai de Conti, 75270 Paris C edex 06.
Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire.

1773 Envisage "une révolution en physique et en chimie" (20 février). Expériences sur la volatilité de l'ammoniaque dans le vide. Étude de l'air fixe et expériences de calcination au verre ardent sous cloche : "les chaux métalliques sont ... des métaux saturés d'air" (mars-avril). Lecture de ses *Opuscules* (avril-juillet). **Ouverture du pli cacheté** de novembre (5 mai). Série d'expériences sur l'air fixe, la fermentation, la combustion sous cloche, la détonation du nitre et du soufre, la réduction des chaux métalliques, sur l'or fulminant, sur l'acide nitrique (mai-octobre). Mémoire sur la combustion du diamant au verre ardent (novembre-décembre).

L'incubation de la révolution chimique

1774 Publication des *Opuscules physiques et chimiques* (janvier). Poursuite d'expériences de calcination et de réduction, sur la détonation du nitre et l'air nitreux (février-avril). Publication des travaux de Bayen sur le précipité per se (février-avril). Expériences au verre ardent sur le précipité per se (octobre-novembre). Mémoire d'avril sur l'augmentation de poids durant la calcination (lu le 12 novembre). Premières notes sur l'analyse végétale (novembre).

1775 Pli cacheté sur les différents fluides élastiques (mars). Travaux de Priestley sur l'oxygène. Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux (avril). **Régisseur des poudres et salpêtres** (juin), organise un prix de l'Académie sur le salpêtre et commence des travaux personnels sur le sujet.

1776 **Mémoire sur l'existence de l'air de l'acide nitreux et sur les moyens de décomposer et recomposer cet acide** (20 avril). **Installation à l'Arsenal** (août).

1777 Instruction sur l'établissement des nitrières et mémoire sur les terres naturellement salpêtrées découvertes à La Roche-Guyon (juillet). Travaux sur la respiration animale avec J.B.M. Bucquet (janvier), la combustion des chandelles (avril), la formation des sels neutres (juillet), la combustion du gaz inflammable (septembre). **Mémoire sur la combustion en général** (novembre) et mémoire sur la combustion des chandelles et des fluides aériformes (décembre).

1778 **Pensionnaire de l'Académie** (février). Lecture d'une seconde version du *Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux au cours de leur calcination* de 1775 (avril). Voyage de prospection géologique pour la Régie en Touraine et en Saintonge avec Clouet (avril-juin). Mémoire sur la matière du feu (juillet). Achat de la propriété de Fréshines (Beauce) où il entreprend des recherches agronomiques.

1779 Mémoires sur la dissolution du mercure dans

l'acide nitreux, dans l'acide vitriolique et sur les propriétés de l'air (juin). "Considérations générales sur les acides" : **principe acidifiant ou oxygène** (novembre).

1780 Étude du phosphore et de ses composés. Relecture du *Mémoire* sur la nature des acides de 1777 (avril). Mémoire sur les fluides aériformes : température et pression (novembre).

1781 Études sur les baromètres et la dilatation des corps solides, la fermentation du sucre, la fusion de la cire et sur le fer (juin-décembre). "Réflexions sur la calcination et la combustion" : analyse critique d'un ouvrage de Scheele (décembre).

1782 Associé libre de la Société royale de Médecine. Poursuite de l'étude de la dilatation du mercure (février). Effet de l'oxygène sur l'intensité de la flamme, présentation avec Laplace des travaux sur les phénomènes électriques accompagnant la vaporisation et la condensation (mars). Expérience de fusion du platine au chalumeau à oxygène (juin). Expériences sur la chaleur spécifique de différentes substances, à l'aide du calorimètre à glace (juillet, novembre-décembre).

1783 Membre de la Société d'Agriculture de Paris. Suite des études calorimétriques avec Laplace (janvier-février). Expériences sur la respiration animale (mai). Lavoisier et Laplace : "**Mémoire sur la chaleur**" (18 et 28 juin) et **synthèse de l'eau** en présence d'académiciens et de Blagden (24 juin). Membre de la commission d'examen de l'invention de Montgolfier (juillet). Études de la composition de l'acide nitrique et de l'action des acides sur les métaux (août-octobre). Tentative de décomposition de l'eau par le fer à froid (octobre-novembre). Étude du bouillon de bœuf pour la Société royale de Médecine et la Marine (novembre). Membre de la commission du perfectionnement des aérostats (décembre). Établit des cours de mathématiques, physique et chimie à l'École des poudres de l'Arsenal.

1784 Suite des expériences calorimétriques avec Laplace. Étude de la respiration animale (janvier-mars). Distillation de la houille (mars). **Décomposition de l'eau** par le fer rouge avec Meusnier : production d'hydrogène pour la commission des aérostats et **preuve que l'eau n'est pas un élément** (mars-avril). Combustion du charbon, de la cire et du fer dans l'oxygène (mai-juin). Étude des sels ammoniacaux (octobre). Étude des nitrates et de la détonation du nitre (novembre).

Les années décisives : l'éclosion de la révolution chimique

1785 **Trimestre décisif contre le phlogistique** : présentation des travaux sur la dissolution des métaux par les acides (janvier-février) et **expériences de décomposition et recomposition**

- de l'eau avec Meusnier (février-mars). Réforme de l'Académie conduite par Lavoisier, directeur pour un an (avril). Expériences sur la combustion de l'esprit de vin (éthanol), de l'huile d'olive et du soufre, et sur la fermentation alcoolique, mémoire sur la décomposition du nitre par le charbon (mai-juin). "**Réflexions sur le phlogistique**": Lavoisier renonce au phlogistique (28 juin et 13 juillet). Ouverture des travaux du Comité d'administration de l'Agriculture animé par Lavoisier (juin). Expériences de formation de l'acide nitrique (octobre), reprises en juin 1786.
- 1786** Recherches sur les phénomènes électriques produits dans certaines réactions (février). Études sur la croissance des végétaux, la fermentation alcoolique, les chaleurs de combustion (août-septembre). **Premières vues d'ensemble sur la substance organique** : "Réflexions sur la décomposition de l'eau par les substances végétales et animales" (novembre).
- 1787** Lavoisier forme une société auxiliaire de l'Académie pour la *Description des Arts et Métiers* (janvier). Études sur la chaleur de formation de l'eau (janvier) et sur la fermentation alcoolique (avril-mai). Durant le séjour parisien de Guyton, présentation de la **Méthode de nomenclature chimique** (mars-août) et traduction, par Mme Lavoisier, de l'*Essai sur le phlogistique* de Kirwan, annoté par l'école lavoisienne (parution en 1788). Séjours à Orléans pour l'Assemblée provinciale de l'Orléanais (septembre et novembre-décembre). Mission au Creusot avec A.F. de Fourcroy, G. Monge et C.L. Berthollet (septembre-octobre).
- 1788** Séjour à Orléans (février). Membre de la Royal Society de Londres (avril). Pesanteur spécifique du gaz carbonique (mai). Oxydation et distillation de diverses substances organiques (avril-novembre). Essais de poudre de muriate (chlorate) avec Berthollet ; explosion à la poudrière d'Essonnes (octobre).
- De la révolution maîtrisée à la révolution maîtresse**
- 1789** Activité scientifique réduite : présentation du **Traité élémentaire de Chimie** (janvier) et des **Annales de Chimie** (mai), étude de la fermentation alcoolique (juin), Mémoire sur le platine (novembre). Activité politique importante : rédaction des cahiers de la noblesse de Blois (février) qui l'élite député suppléant aux états généraux (28 mars), représente son district à l'assemblée générale de la Commune (septembre), adhère à la Société des Amis des Noirs. Accueille favorablement la Révolution et préside la Caisse d'Escompte.
- 1790-1792** Expériences et mémoires sur la **respiration, la transpiration et la digestion des animaux** avec A. Seguin.
- 1790** Loge les délégués de Blois à la Fête de la Fédération (juillet). "Réflexions sur les assignats" à la Société de 1789 (août).
- 1791** Attaques de Marat et de *L'Ami du Peuple* contre Lavoisier (janvier, mars, septembre). Suppression de la Ferme générale (mars), mais reste actif dans le domaine économique : Richesse territoriale (mars), commissaire de la Trésorerie nationale (avril). La Commission des Poids et Mesures recommande un arc de méridien comme base du nouveau système (mars). Membre du Bureau de Consultation des Arts et Métiers (septembre). Trésorier de l'Académie (décembre).
- 1792** Démission de la Trésorerie nationale, retour à la Régie des poudres (février). Refuse le ministère des Contributions publiques (juin). Propose un prix de physiologie pour 1794 (juillet). Délégué par la section de l' Arsenal pour s'opposer à la déchéance du roi, cinq jours avant la prise des Tuileries (10 août). Démission de la Régie (15 août). Emménage boulevard de la Madeleine.
- 1793** Mort de Louis XVI (21 janvier). Détermine avec Haüy le poids du pied cube d'eau distillée (janvier) et étudie avec Borda la dilatation des règles de platine (mai-juin). Défend l'Académie jusqu'à sa suppression (8 août). Actif au Lycée des Arts et au Bureau de Consultation pour lequel il prépare "**Réflexions sur l'instruction publique**" (juillet-août). Suppression de la Caisse d'Escompte (24 août). Adhère à la Société philomathique (septembre). Membre de la commission sur la production d'hydrogène pour les aérostats (septembre-octobre). Touché par l'épuration du Lycée des Arts (novembre) et de la Commission temporaire des Poids et Mesures (décembre). Lavoisier se constitue prisonnier (28 novembre), quatre jours après le décret d'arrestation des fermiers généraux. Interventions en sa faveur du Bureau de Consultation (30 novembre), de la Commission des Poids et Mesures (18 décembre) et du Comité des assignats (21 décembre).
- 1794** Vaines interventions du Bureau de Consultation, de la Régie, de Cadet et Baumé, de sa femme et du Lycée des Arts (avril-mai). Jugement et exécution des fermiers généraux. Lavoisier monte sur l'échafaud le quatrième, derrière son beau-père (8 mai).

Chronologie sommaire établie à partir de la chronologie inédite d'Henry Guerlac et Carl Perrin (Cornell University, Ithaca, NY.) et des travaux du Comité Lavoisier.

De la chimie des gaz à la théorie des acides : du rôle de l'oxygène (1772-1779)

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Danielle Fauque * docteur en histoire des sciences

"... l'air le plus pur, l'air éminemment respirable, est le principe constitutif de l'acidité : [...] ce principe est commun à tous les acides, et [...] il entre ensuite dans la composition de chacun d'eux un ou plusieurs autres principes qui les différencient et qui les constituent plutôt tel acide que tel autre"[1].

Le 23 novembre 1779 à l'Académie royale des Sciences, Lavoisier jette publiquement les bases d'une nouvelle théorie chimique fondée sur le principe acidifiant ou oxygène (qui engendre l'acide). Ce mémoire fait suite au texte déposé deux ans plus tôt - un parmi les 26 mémoires en commun avec Bucquet (1746-1780) - le 5 septembre 1777.

La proposition lavoisienne devait changer l'interprétation d'une grande partie des réactions chimiques connues.

En France, au début des années 1770, il est alors à la mode de brûler des diamants au foyer d'une très grande lentille. Les chimistes constatent que la réaction ne laisse aucun résidu solide, et qu'elle n'a lieu qu'en présence d'air. A la même époque, Magellan (1722-1790), installé à Londres, informe régulièrement les chimistes français du développement considérable de la chimie pneumatique anglaise où les "airs" sont déjà considérés comme agents actifs dans les réactions chimiques.

Ces airs aux multiples propriétés étaient-ils un ou plusieurs, étaient-ils une modification de l'air de l'atmosphère ou en étaient-ils complètement différents ?

*Groupe d'Histoire et de Diffusion des Sciences d'Orsay (GHDSO), Université Paris-Sud, bât 307, 91405 Orsay Cedex.

Tél. : (1) 69.41.72.66. Fax : (1) 69.85.54.93.

Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire

A partir de 1772, Lavoisier a déjà l'ambition de bâtir une chimie nouvelle sur des fondements revisités. Il décide de reprendre tous les travaux connus sur cette étude, il refait toutes les expériences de ses contemporains sur les combustions, les calcinations et les effervescences. Il en reconsidère toutes les interprétations y compris celles basées sur la théorie largement acceptée du phlogistique.

Du rôle du charbon dans les réductions

Lavoisier calcine à son tour des métaux comme le plomb, l'étain et le zinc ; les chaux* obtenues ont bien un poids supérieur à celui du métal correspondant. Le fait est connu depuis longtemps.

La réduction des chaux métalliques par le charbon comme la calcination de la chaux calcaire donnent un gaz qui trouble l'eau de chaux, qui est soluble dans l'eau et dans les alcalis, qui éteint la flamme d'une bougie et n'entretient pas la vie : c'est de l'air fixe.

Il reprend à nouveau et de nombreuses fois la réduction du minium par le charbon. Il chauffe le mélange de ces deux corps à l'abri de l'air dans un canon de fusil. Il se dégage en abondance de l'air fixe qui

ne peut être formé que par la réaction de ces deux substances :

"Cette dernière observation nous conduit insensiblement à des réflexions très importantes sur l'usage du charbon et des matières charbonneuses en général dans les réductions métalliques. Servent-elles, comme le pensent les disciples de M. Stahl à rendre au métal le phlogistique qu'il a perdu ? ou bien ces matières entrent-elles dans la composition même du fluide élastique ?"

Dans la tradition de la théorie de Stahl (1660-1734), un métal chauffé à l'air perd du phlogistique, pour le lui rendre, il faut lui apporter un corps riche en phlogistique, par exemple le charbon.

Puis Lavoisier ajoute :

"(quelques expériences)... me portent à croire que tout fluide élastique résulte de la combinaison d'un corps quelconque solide ou fluide, avec un principe inflammable,...

définissant du même coup l'état gazeux. Le gaz est constitué d'un principe matériel ou partie fixe qui l'assure de son identité et d'un principe impondérable, le principe inflammable qui lui confère la propriété d'élasticité. la réduction ici opérée consiste, en particulier, à rendre à la partie fixée ce principe inflammable afin de la libérer à l'état de gaz. Le charbon permet le transfert :

“Le charbon alors, ainsi que toutes substances charbonneuses employées dans les réductions, aurait pour objet principal de rendre au fluide élastique fixé le phlogistique, la matière du feu, et de lui restituer en même temps l'élasticité qui en dépend” [2].

Du rôle de l'air dans la calcination du métal

Lavoisier reprend au moyen du verre ardent (figure 1) la calcination du plomb sur la cuve à mercure ; là, il observe que l'augmentation du poids du plomb est en accord avec la diminution du poids de l'air et ceci à proportion de la quantité d'air enfermée. Comme dans la réduction du minium par le charbon, c'est sous la forme d'un bilan des poids que Lavoisier décrit cette expérience réalisée elle-aussi en milieu clos. Le gaz recueilli après la réaction éteint la bougie, mais il est sans action sur l'eau de chaux et ne se dissout pas dans l'eau. Il est donc différent de l'air fixe et de l'air des effervescences. Il ne lui donne pas de nom pour autant.

Au printemps de 1773, sa conviction est faite : lors de la calcination d'un métal, une partie de l'air de l'atmosphère se fixe au métal :

“que plusieurs circonstances sembleraient porter à croire que tout l'air que nous respirons n'est pas propre à se fixer pour entrer dans la combinaison des chaux métalliques, mais qu'il existe dans l'atmosphère un fluide élastique particulier qui se trouve mêlé avec l'air, et que c'est au moment où la quantité de ce fluide contenue sous la cloche est épuisée que la calcination ne peut plus avoir lieu” [3].

Il reste donc à identifier ce gaz.

Du rôle du précipité per se

Le précipité *per se* - qui intéresse beaucoup de chimistes - est obtenu en chauffant fortement du mercure à l'air pendant des semaines. La chaux de mercure obtenue a la propriété de redonner le mercure et l'air fixe quand elle est chauffée avec du charbon. Mais elle peut aussi redonner du mercure si elle est chauffée encore plus fortement

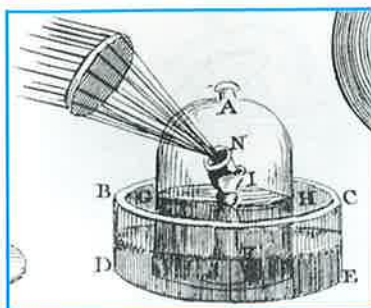


Figure 1 - Verre ardent : au moyen d'une lentille, on fait converger la lumière du soleil sur l'emplacement du mélange réactionnel afin de l'enflammer. *Traité élémentaire de Chimie*, Lavoisier, extrait de la planche IV.

et ceci sans addition de charbon, donc sans addition de phlogistique. Le précipité *per se* est donc une exception à la règle générale. Bayen (1725-1798), pharmacien distingué, sait obtenir un précipité *per se* de grande pureté qui, par chauffage, libère un gaz qu'il note être différent de l'air fixe mais sans aller plus loin pour cela.

Durant l'été 1774, Priestley (1733-1804) s'intéresse lui aussi à la calcination du précipité *per se* et, le 1er août 1774, il constate que le gaz entretient vivement la flamme d'une chandelle. En octobre, à l'occasion d'un voyage à Paris, il s'entretient avec Lavoisier à qui il fit part de sa découverte. Le savant français fut étonné. S'il procéda à quelques essais en novembre, il ne reprit sérieusement les expériences sur le précipité *per se* qu'en février 1775. C'est alors qu'il comprit toute la signification de la découverte de Priestley.

A la séance publique de Pâques 1775, le savant français lut un “Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids”. Il avance d'abord la proposition à laquelle ses expériences l'ont conduit :

“le principe qui s'unit aux métaux pendant leur calcination qui en augmente le poids et qui les constitue à l'état de chaux, n'est autre chose que la portion de l'air la plus salubre et la plus pure” [4].

Puis il expose ses expériences sur le précipité *per se*. Cette substance, dit le savant français, est une chaux métallique à part entière qui, lorsqu'elle est mêlée au charbon et chauffée, donne bien du mercure et de l'air fixe mais qui a aussi la propriété de se réduire

facilement sans charbon, ce qui permet de dégager plus facilement les propriétés générales de ce type de substance. Elle constitue donc un exemple type de chaux métallique ; les résultats des expériences auxquelles elle sera soumise pourront être appliqués à l'ensemble des autres chaux métalliques. Lavoisier chauffe dans les mêmes conditions matérielles la même quantité de précipité *per se* de même origine. Par rapport à l'expérience précédente, il chauffe plus fort et ne modifie qu'un seul paramètre chimique : le charbon est absent (figure 2). L'analyse des produits de la réaction se fait également dans les mêmes conditions. On obtient du mercure et un gaz dont l'analyse montre qu'il n'est autre que “la partie la plus salubre de l'air” que le mercure avait fixée lors de sa calcination. Lavoisier généralise la démonstration à l'ensemble des chaux métalliques :

“il est très vraisemblable que toutes les chaux métalliques ne donneraient, comme celles de mercure, que de l'air éminemment respirable, si l'on pouvait toutes les réduire sans addition, comme on réduit le mercure précipité *per se*”

Il justifie dans le même temps l'obtention d'air fixe observée dans les multiples cas de réduction des chaux métalliques en présence de charbon :

“Il paraît prouvé, d'après cela, que le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids, n'est autre chose que la portion la plus pure de l'air même qui nous environne, que nous respirons, et qui passe, dans cette opération, de l'état d'expansibilité à celui de solidité ; si donc on l'obtient dans l'état d'air fixe, dans toutes les réductions métalliques où l'on emploie le charbon, c'est à la combinaison de ce dernier avec la portion pure de l'air qu'est dû cet effet” [5].

Où chacun réclame son dû...

La polémique s'installe de suite. Qui était, de Priestley ou de Lavoisier, l'inventeur de ce nouveau gaz ? Or le suédois Scheele (1742-1786) avait, lui aussi, découvert l'oxygène bien avant et avait signalé le fait à Lavoisier. Le 15 octobre 1774, il lui avait écrit que, par

chauffage, le carbonate d'argent dégageait un air qu'il nommait *air du feu* et dont il précisait les propriétés ; il fournissait à Lavoisier les détails de son expérience mais, ajoutait-il, son matériel étant très rudimentaire, il attendait une expérience en grand de la part du savant français pour confirmer ses observations. Celui-ci ne répondit jamais au savant suédois [6].

Priestley signala avoir donné la solution à Lavoisier au cours de ce dîner d'octobre 1774 ; depuis il avait nommé ce gaz *air déphlogistiqué*. Le métal se calcinant à l'air libérait le phlogistique, il ne restait donc sous la cloche que de l'air phlogistique. En chauffant le précipité per se, et la chaux de mercure reprenait ce phlogistique, et l'air restant était de l'air déphlogistiqué Bayen réclama lui aussi, et ressortit un auteur ancien, Jean Rey (mort en 1645), qui, en 1640, avait expliqué l'augmentation du poids des métaux calcinés par l'absorption de l'air atmosphérique par la substance.

Lavoisier ne connaissait pas cet auteur entièrement tombé dans l'oubli et dont les propositions n'avaient jamais donné de fruits. Il lui rendit justice comme à un lointain précurseur, mais sut faire reconnaître la fécondité de ses propres interprétations qui, avec élégance,

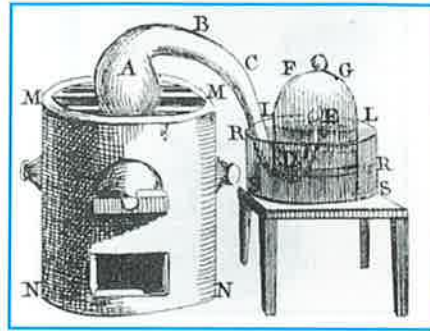


Figure 11 - Expérience sur l'oxyde rouge de mercure. *Traité élémentaire de Chimie*, Lavoisier, extrait de la planche IV.

expliquèrent la composition de l'air, la formation des oxydes et ce qu'il pensait être la constitution des acides.

De la composition de l'air commun

Si cela nous semble convaincant, il fallait tout de même déterminer si cette partie de l'air commun était une partie indépendante, un fluide en soi dans un air atmosphérique qui ne serait donc pas un corps simple, ou bien si elle n'était qu'une modification.

L'étude de l'air nitreux allait fournir, à Lavoisier, le moyen de montrer que l'air était composé, de déterminer la nature et les proportions des parties constituantes de l'air.

La facilité de réaction du monoxyde d'azote avec l'oxygène donnera un test facile à mettre en œuvre pour mesurer la quantité de dioxygène dans un échantillon de gaz.

Après avoir répété les expériences de Priestley, Lavoisier annonce, le 20 avril 1776, que contrairement aux assertions du savant anglais,

"il paraîtrait prouvé [...] que l'air que nous respirons ne contient qu'un quart de véritable air, que ce véritable air est mêlé, dans notre atmosphère, à trois ou quatre parties d'un air nuisible, d'une espèce de mofette".

Et il termine son mémoire ainsi :

"il est évident que ce n'est point l'air qui est composé d'acide nitreux, comme le prétend M. Priestley, mais au contraire, l'acide nitreux qui est composé d'air ; et cette seule remarque donne la clé d'un grand nombre d'expériences contenues dans (le) second volume de M. Priestley"[7].

Mais la position de Priestley reste, elle, inchangée : l'oxygène et l'azote ne sont que des modifications de l'air commun. L'oxygène est de l'air déphlogistiqué ; l'azote est de l'air phlogistique.

La découverte de la composition de l'air était donc une étape importante. Ainsi, dès le milieu de 1775, Lavoisier semble avoir trouvé le clé de voûte de

Tableau I - Combinaisons binaires de l'oxygène avec les substances métalliques et non métalliques oxydables et acidifiables.

	Premier degré d'oxygénation.		Second degré d'oxygénation.		Troisième degré d'oxygénation.		Quatrième degré d'oxygénation.	
	Noms nouveaux.	Noms anciens.	Noms nouveaux.	Noms anciens.	Noms nouveaux.	Noms anciens.	Noms nouveaux.	Noms anciens.
Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples non métalliques, telles que :	Le calorique.....	Le gaz oxygène.....	Air vital ou déphlogistique.....					
	L'hydrogène.....	On ne connaît qu'un degré de combinaison de l'oxygène & de l'hydrogène, & cette combinaison forme de l'eau.						
	L'azote.....	Oxyde nitreux ou base du gaz nitreux.....	Gaz nitreux.....	Acide nitreux.....	Acide nitreux fumant.....	Acide nitrique.....	Acide nitrique oxygéné.....	Inconnu.
	Le carbone.....	Oxyde de carbone.....	Inconnu.....	Acide carboné.....	Inconnu.....	Acide carbonique.....	Acide carbonique oxygéné.....	Inconnu.
	Le soufre.....	Oxyde de soufre.....	Soufre mou.....	Acide sulfureux.....	Acide sulfureux.....	Acide sulfurique.....	Acide sulfurique oxygéné.....	Inconnu.
	Le phosphore.....	Oxyde de phosphore.....	Résidu de la combustion du phosphore.....	Acide phosphoreux.....	Acide volatil du phosphore.....	Acide phosphorique.....	Acide phosphorique oxygéné.....	Inconnu.
	Le radical muriatique.....	Oxyde muriatique.....	Inconnu.....	Acide muriateux.....	Inconnu.....	Acide muriatique.....	Acide muriatique oxygéné.....	Acide marin déphlogistique.
	Le radical fluorique.....	Oxyde fluorique.....	Inconnu.....	Acide fluoré.....	Inconnu.....	Acide fluorique.....	Inconnu de Lavoisier.	
	Le radical boracique.....	Oxyde boracique.....	Inconnu.....	Acide boracé.....	Inconnu.....	Acide boracique.....	Sel tartre de Humberg.	
	Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples métalliques, telles que :	L'antimoine.....	Oxyde gris d'antimoine.....	Chaux grise d'antimoine.....	Oxyde blanc d'antimoine.....	Chaux blanche d'antimoine.....	Acide antimonique.....	
L'argent.....		Oxyde d'argent.....	Chaux d'argent.....		Chaux grise d'antimoine.....	Acide arsenique.....		
L'arsenic.....		Oxyde gris d'arsenic.....	Chaux grise d'arsenic.....	Oxyde blanc d'arsenic.....	Chaux blanche d'arsenic.....	Acide arsenical.....	Acide arsenic oxygéné.....	Inconnu.
Le bismuth.....		Oxyde gris de bismuth.....	Chaux grise de bismuth.....	Oxyde blanc de bismuth.....	Chaux blanche de bismuth.....	Acide bismuthique.....		
Le cobalt.....		Oxyde gris de cobalt.....	Chaux grise de cobalt.....		Chaux verte & bleue de cuivre.....	Acide cobaltique.....		
Le cuivre.....		Oxyde rouge brun de cuivre.....	Chaux rouge brune de cuivre.....	Oxyde vert & bleu de cuivre.....	Chaux verte & bleue de cuivre.....	Acide cuprique.....		
L'étain.....		Oxyde gris d'étain.....	Chaux grise d'étain.....	Oxyde blanc d'étain.....	Chaux blanche d'étain ou potite d'étain.....	Acide flammique.....		
Le fer.....		Oxyde noir de fer.....	Ethiops martial.....	Oxyde jaune & rouge de fer.....	Ocre & rouille.....	Acide ferrique.....		
Le manganèse.....		Oxyde noir de manganèse.....	Chaux noire de manganèse.....	Oxyde blanc de manganèse.....	Chaux blanche de manganèse.....	Acide manganique.....		
Le mercure.....		Oxyde noir de mercure.....	Ethiops minéral.....	Oxyde jaune & rouge de mercure.....	Turbith minéral, précipité rouge, précipité per se.....	Acide mercurique.....		
Le molybdène.....		Oxyde de molybdène.....	Chaux de molybdène.....			Acide molybdique.....	Acide de la molybdène.....	Acide molybdique oxygéné.....
Le nickel.....		Oxyde de nickel.....	Chaux de nickel.....			Acide nickellique.....		
L'or.....		Oxyde jaune d'or.....	Chaux jaune d'or.....	Oxyde rouge d'or.....	Chaux rouge d'or.....	Acide aurique.....		
Le platine.....		Oxyde jaune de platine.....	Chaux jaune de platine.....			Acide platinique.....		
Le plomb.....		Oxyde gris de plomb.....	Chaux grise de plomb.....	Oxyde jaune & rouge de plomb.....	Maffoc & minium.....	Oxyde plombique.....		
Le tungstène.....		Oxyde de tungstène.....	Chaux de tungstène.....			Acide tungstique.....	Acide de la tungstène.....	Acide tungstique oxygéné.....
Le zinc.....		Oxyde gris de zinc.....	Chaux grise de zinc.....	Oxyde blanc de zinc.....	Chaux blanche de zinc, Pompholite.....	Acide zincique.....		

son système, l'objet qui lui permettra de tirer la généralisation qu'il désire établir en chimie en classant les faits autour d'un même acte, d'un même dynamisme. La voie est ouverte pour passer de la substance de l'air maintenant identifiée au principe de cette substance qui seul intervient dans la formation des corps.

De la théorie nouvelle de la combustion...

En 1777, Lavoisier propose une "théorie nouvelle de la combustion, contraire à (celle) de Stahl", définie à partir de quatre observations :

1. dans toute combustion, il y a dégagement de chaleur (matière du feu) ou de lumière ;

2. la combustion ne se fait que dans l'air pur, et les corps qui brûlent, les combustibles cessent de se consumer si on le supprime ;

3. à chaque combustion, il y a décomposition de l'air pur et le corps brûlé augmente de poids dans la proportion de la quantité d'air pur détruite ;

4. dans toute combustion, le corps brûlé se change en acide par addition de la substance de l'air pur qui en a augmenté son poids.

Il a repris de nombreuses fois la combustion du phosphore. L'air dégagé n'a rien à voir avec l'air fixe. Il a travaillé également sur le soufre. Dans les deux cas, les produits de la réaction conduisent à des acides.

De même, en 1774, Lavoisier avait procédé à une série d'expériences sur l'air et l'air nitreux découvert par Priestley en 1772. Cet air devait se combiner avec quelque chose venant de l'air commun pour donner avec l'eau un acide. Il avait noté ses premières réflexions sur la nature des acides.

La calcination des métaux - combustion lente, selon Macquer - obéit aux trois premières lois, mais non à la quatrième, puisqu'elle produit une chaux métallique et non un acide.

Au cours de la combustion, l'*air pur* libère sa matière du feu en s'unissant au combustible. Le processus d'échange lavoisien semblerait être le strict négatif du processus d'échange du phlogistique ; cependant il est plus riche, plus

Unités de mesure

1 livre = 16 onces = 489,51 grammes
1 once = 8 gros = 30,59 grammes
1 gros = 72 grains = 3,824 grammes
1 grain = 0,053 gramme

1 toise = 6 pieds = 1,949 036 6 mètres
1 pied = 12 pouces = 0,324 839 4 mètre
1 pouce = 12 lignes = 2,706 995 cm
1 ligne = 0,225 583 mm
1 pied de France = 1,065 pieds d'Angleterre

explicatif que ce dernier, ce que justifie le savant français¹.

...à la théorie des acides

Si maintenant Lavoisier fait l'économie du phlogistique, c'est pour placer la matière du feu ou de la chaleur ou de la lumière, fluide impondérable au sommet de son système. Car bien qu'il s'en défende, c'est bien un système qu'il est en train de fonder. Il a expliqué le rôle d'une substance impondérable clé dans les phénomènes de combustion et par extension dans les différents états de la matière. Il lui faut maintenant expliquer le rôle central de la substance clé qu'est l'*air pur* dans la constitution d'une famille de corps qui ne cesse de s'agrandir, les **acides**. Mais déjà, les mémoires de 1776 à 1779 gagnent en clarté, en simplicité, en élégance à la fois expérimentale et narrative. Les conséquences semblent aller de soi. Cependant ses contemporains ne sont pas convaincus, les nombreuses répétitions des mêmes expériences montrent encore les hésitations, le scrupule. L'expérience qu'il faut présenter au public ne doit amener aucune contestation.

Il développe l'expérience circulaire. La synthèse d'un corps est suivie de son analyse. Ce fut le cas de l'expérience sur l'oxyde rouge de mercure, sur la composition de l'air dont on extrait les composants puis que l'on reconstitue en les mélangeant à nouveau. Il appliquera

¹ Dans ce mémoire, Lavoisier définit également les trois états de la matière : "Enfin, tous les corps peuvent être obtenus sous leurs trois états (solide, liquide ou gazeux) selon la quantité de matière du feu qu'ils contiennent (voir article sur la chaleur).

cette méthode à l'étude des acides que la calcination des métaux avait un certain temps écartée. De l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et du gaz carbonique, il extrait l'*air pur* ou *air vital*. Du mercure est dissous dans l'acide, le sel est calciné, l'oxyde est décomposé en métal et oxygène.

Du principe oxygène

Le 23 novembre 1779, le mémoire "Considérations générales sur la nature des acides et sur les principes dont ils sont composés" définit si précisément le rôle de l'oxygène que sa dénomination semble aller de soi. Le principe d'acidité prime ici sur le principe de combustibilité. Il fallait pour cet *air vital* ou *air pur* qui semble avoir la propriété d'engendrer des acides un nom qui rappelle cette réactivité. C'est le mécanisme d'échange de substrats matériels qui est ici mis en avant. Si la chimie est l'art d'analyser et de recomposer toujours plus précisément les corps chimiques, le stade de décomposition le plus lointain marque momentanément le corps d'un caractère de simplicité permettant de le nommer élément.

La théorie des sels avait été une part importante de la chimie du XVIII^e siècle. Une connaissance plus précise de la composition des acides et des alcalis dont ils proviennent permettrait, en conséquence, de mieux les définir. D'où l'intérêt pour Lavoisier d'une étude fine des acides en attendant peut-être de se pencher sur la classe des alcalis. En 1779, Lavoisier s'estime en droit d'avancer que tous les acides contiennent le principe de l'*air pur* et que ce principe est acidifiant, par conséquent, il propose de lui donner le nom d'**oxygène**.

Cet oxygène associé à la matière du feu forme l'*air pur* ; l'air pur avec le charbon, l'acide crayeux ; avec l'air nitreux, l'acide du nitre ; avec le soufre, l'acide vitriolique ; avec le phosphore, l'acide phosphorique ; avec les substances métalliques, les chaux métalliques à quelques exceptions près.

Le degré d'acidité de la substance formée dépend de la quantité d'oxygène qu'elle peut fixer, donc de son degré d'affinité avec celui-ci. Ainsi la

surabondance d'oxygène dans la chaux de fer a des propriétés salines. Il ne semble pas exclu, pour Lavoisier, que les chaux métalliques qui n'ont pas encore le caractère acide puissent l'acquérir par une suroxygénation que nos moyens d'expérience ne permettent pas de réaliser pour l'instant.

Lavoisier analyse aussi les acides organiques découverts en particulier par Scheele, ou l'acide oxalique analysé déjà par Bergman (1735-1784). Il met en évidence la présence du principe oxygène, ce qui le conforte sur la validité de sa théorie. Il y a cependant un cas qui pose problème : celui de l'acide marin*. S'il affirme qu'il est :

"en état de faire voir dans la suite qu'il n'est aucun acide, si ce n'est peut-être celui du sel marin, qu'on ne puisse décomposer et recomposer et auquel on ne puisse enlever ou rendre à volonté le principe de l'acidité"[8],

il cède, néanmoins, à la tentation de la généralisation trop hâtive. C'est justement cette exception qui infirmera tout le système, lorsque Davy (1778-1829) montrera par l'électrolyse que l'acide muriatique n'est composé que d'hydrogène et de chlore et devra donc se nommer acide chlorhydrique.

La théorie des acides de Lavoisier est fondée quelques années avant que l'on ne réforme la nomenclature dans laquelle elle montrera toute sa puissance (voir encadré). Entre temps, la matière du feu aura pris nom de calorique et l'eau s'affirmera comme un composé d'hydrogène (fils de l'eau ou engendre l'eau) et d'oxygène qui sera préféré à oxygène. Quoique résultant de la combustion de l'hydrogène, cette eau n'est point un acide.

Ainsi Lavoisier rejette cette double faille de sa théorie : il existe un acide non oxygéné, celui du sel marin et un élément dont l'oxydation ne fournit pas un acide, l'hydrogène.

Les acides, sauf un, étudiés par Lavoisier, sont des oxacides, on peut donc excuser son engagement d'autant plus que le rôle de l'eau dans la formation des acides n'est pas compris². La suite du développement de la chimie montre néanmoins que si la théorie de l'oxygène ne s'avère pas être la théorie de l'acidité, les cours de

²Voir le mémoire "sur la dissolution des métaux dans les acides", *Histoire de l'Académie royale des Sciences pour 1782, avec les Mémoires*, Mem. p. 492 dans lequel Lavoisier aborde "la calcination par la voie humide".

chimie du début du XIXe siècle donnent à l'oxygène un rôle central.

Remerciements : L'auteur remercie M. Crosland [9] dont les recherches citées sont à l'origine de cet article.

Références

- [1] Lavoisier A.-L., dans *Oeuvres*, rééd. J.-B. Dumas, E. Grimaux et F.-A. Fouque, Paris, 1864-1964, 9 vol., t. II, p. 248.
- [2] *Ib.*, t. I, p. 613.
- [3] *Ib.*, t. I, p. 621.
- [4] *Ib.*, t. II, p. 123
- [5] *Ib.*, t. II, p. 127.
- [6] Poirier, J.-P., *A.-L. de Lavoisier*, Éd. G. Watelet, Pygmalion, 1993, p.84.
- [7] Lavoisier A.-L., dans : *Op. cit.*, t. II, p. 137-138.
- [8] *Ib.*, t. II, p. 250.
- [9] Crosland M., "Lavoisier's theory of acidity", in *Isis*, vol. 64, n° 223, sept. 1973, p. 306-325.

Bibliographie

- Bensaude-Vincent B., *Lavoisier, mémoires d'une révolution*, Flammarion, 1993.
- Daumas M., *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, PUF, 1955.
- Poirier J.-P., *Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)*, Pygmalion, G. Watelet, 1993.

La nouvelle nomenclature

"A l'égard des corps qui sont composés de deux substances simples, comme leur nombre est déjà fort considérable, il était indispensable de les classer. Dans l'ordre naturel des idées, le nom de classe et de genre est celui qui rappelle les propriétés communes à un grand nombre d'individus ; celui d'espèce est celui qui ramène l'idée aux propriétés particulières de quelques individus. Cette logique naturelle appartient à toutes les sciences ; nous avons cherché à l'appliquer à la chimie.

Les acides, par exemple, sont composés de deux substances de l'ordre de celles que nous regardons comme simples, l'une qui constitue l'acidité et qui est commune à tous ; c'est de cette substance que doit être emprunté le nom de classe ou de genre ; l'autre qui est propre à chaque acide, qui est différente pour chacun, qui les différencie les uns des autres, et c'est de cette substance que doit être emprunté le nom spécifique.

Mais, pour la plupart des acides, les deux principes constituants, le principe acidifiant et le principe acidifié, peuvent exister dans des proportions différentes qui constituent également des points d'équilibre ou de saturation, c'est ce qu'on observe dans l'acide vitriolique et dans l'acide sulfureux ; nous avons exprimé ces deux états du même acide, en faisant varier la terminaison du nom spécifique.

Les chaux métalliques sont composées d'un principe qui est commun à toutes, et d'un principe particulier propre à chacune : nous avons dû également les classer sous un nom générique, dérivé du principe commun et les différencier les unes des autres, par le

nom particulier du métal auquel elles appartiennent.

Les substances combustibles, qui, dans les acides, et dans les chaux métalliques, sont un principe spécifique et particulier, sont susceptibles de devenir à leur tour un principe commun à un grand nombre de combinaisons. [...] Nous avons encore rassemblé ces différentes combinaisons sous des noms génériques, dérivés de celui de la substance commune, avec une terminaison qui rappelle cette analogie, et nous les avons spécifiées par un autre nom dérivé de leur substance propre."

Pour les dérivés du soufre

"L'acide sulfurique exprimera le soufre saturé d'oxygène autant qu'il peut l'être ; c'est-à-dire ce qu'on appelait acide vitriolique.

L'acide sulfureux exprimera le soufre uni à une moindre quantité d'oxygène ; c'est-à-dire ce qu'on nommait acide vitriolique sulfureux volatil, ou acide vitriolique phlogistiqué.

Sulfate sera le nom générique de tous les sels formés de l'acide sulfurique.

Sulfite sera le nom des sels formés de l'acide sulfureux.

Sulfure annoncera toutes les combinaisons du soufre non porté à l'état d'acide, et remplacera ainsi d'une manière uniforme, les noms impropres et peu concordants de foie de soufre, d'hépar, de pyrite, etc."

Extraits de *Méthode de nomenclature chimique* proposée par MM. de Morveau, Lavoisier, Berthollet et de Fourcroy, Paris, Cuchet, 1787, p. 19-21, 40-41. Réédition 1994 (introduction Bensaude-Vincent B.), Seuil, Paris.

L'eau : la fin d'un élément

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Jean-Claude Compain * professeur agrégé

A la fin de février 1785, Lavoisier et son assistant Meusnier, un jeune et dynamique officier du génie, convient le grand monde de la science, le duc de Chaulnes, Malesherbès et d'autres personnalités à une solennelle expérience d'analyse et de synthèse de l'eau, qui dure deux jours. Devant cette noble assistance, la preuve est faite que l'eau n'est pas un élément. (voir encadré la chronologie des expériences sur la décomposition et la synthèse de l'eau).

Une expérience, même aussi fondamentale pour la compréhension des phénomènes chimiques, était-elle susceptible de déplacer un tel aréopage ? Peut-être pas, mais la chimie a bénéficié ici du secours de l'aéronautique naissante : entre les ballons à air chaud des frères Montgolfier et le ballon à hydrogène de Jacques Alexandre César Charles, les académiciens semblent préférer le second. Une de leurs priorités est : comment fabriquer de l'hydrogène "en grand" ? [1]

Lavoisier, qui travaille sur la synthèse de l'eau depuis longtemps sans emporter la conviction de ses collègues, profite de l'occasion. Il organise la convergence d'éléments les plus divers. Un ingénieur, des hommes

du monde, un matériel très onéreux, deux expériences qui marchent mal, un registre de laboratoire et quelques signatures érigent un fait scientifique en événement historique de premier ordre, fondateur d'une vérité incontestable.

A la recherche de l'acide perdu

Quand Lavoisier s'attaque au problème de la combustion de l'hydrogène, il a depuis longtemps l'idée que toute combustion fournit un acide. Il expose ses considérations générales sur les acides en novembre 1779 à l'Académie. Son idée est soutenue par un riche inventaire de données expérimentales (combustion du charbon, du soufre, du phosphore). Cette hypothèse est tellement centrale qu'il donne le nom d'oxygène (générateur d'acide) à l'"air éminemment respirable".

Il sait que la combustion de l'hydrogène fournit de l'eau, mais la quantité extrêmement faible obtenue par Macquer (*figure 1*) est compatible avec l'idée d'une humidité contenue dans les gaz et que la réaction de combustion dépose sur la coupelle, comme la buée se dépose sur les vitres en hiver.

Ce n'est donc pas la présence de l'eau mais l'absence d'acide qui va provoquer l'étonnement de Lavoisier de 1777 à 1783. C'est la limpidité de l'eau de chaux, la teinture de tournesol qui refuse de rougir, le sirop de violette qui refuse de verdir qui vont l'entraîner dans une traque à l'acide manquant qui mobilisera de plus en plus de matériel, de temps, d'argent, de savants. C'est elle qui va amener Lavoisier à travailler

dans un système de plus en plus fermé, à abandonner les réactifs aqueux pour la cuve à mercure et le contrôle des poids. Il calque alors son travail sur ce qu'il avait fait pour la combustion :

"...le ressort essentiel de la démonstration réside aux yeux de Lavoisier dans la possibilité de traiter les réactions effectuées comme un système fermé dont on contrôle les entrées et les sorties, ce qui permet donc d'établir des bilans de gains et de pertes en volume ou en poids" [1]

Quand l'eau devient le produit de la réaction

Quand Lavoisier sera-t-il convaincu que la combustion de l'hydrogène ne dépose pas un peu d'eau, mais qu'elle ne produit que de l'eau ? Quand il tente l'expérience en juin 1783, il est déjà convaincu. L'expérience elle-même est très décevante : elle fait bien apparaître une grosse quantité d'eau que les réactifs en solution aqueuse avaient dissimulée, mais le bilan des poids, même compté à l'estime, fait apparaître un déficit considérable.

"On a combiné dans une cloche en présence de M. Blagden, du Séjour, de Laplace, Vandermonde, de Fourcroy, Meusnier, Legendre de l'air déphlogistiqué et de l'air inflammable² tiré du fer par l'acide vitriolique.

Les deux airs arrivaient chacun par un tuyau et, au moment de leur réunion à l'orifice du tuyau, ils brûlaient dans la cloche même. On a brûlé ainsi par évaluation 50 ou 60 pintes¹ d'air inflammable, et par conséquent au moins 20 pintes d'air déphlogistiqué. L'expérience n'a pas parfaitement

* Lycée J. Decour, 12, av. Trudaine, 75009 Paris.

Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire.



Figure 1 - Expérience de Macquer montrant que la combustion de l'hydrogène produit de l'eau (C. Bailleux, P. Clément., *L'hydrogène révolutionnaire*, EDF).

réussi parce qu'on a été obligé de rallumer à plusieurs fois. On a eu pour tout résultat dans la cloche, 2 gros 33 grains d'eau pure qui ne rougissait pas la teinture de tournesol². Il est resté de l'eau aux parois des vaisseaux ; il y en a eu de perdu. Aussi peut-on évaluer à 3 gros la quantité d'eau³.

25 pintes d'air déphlogistiqué
= 1 200 pouces540 grains
50 pintes d'air inflammable
pèsent au moins120 grains
Total : 660 grains

On aurait dû retirer 1 once 12 grains d'eau.

Ainsi il faut supposer une perte des deux tiers de l'air ou qu'il y a perte de poids [2].

Il communique ses résultats à l'Académie dès le lendemain. Il y a urgence à prendre date car les chimistes qui travaillent sur les gaz sont nombreux, Cavendish entre autres. Le mémoire, écrit bien après, sera augmenté de résultats ultérieurs.

En fait, l'expérience est très délicate : comment allumer la flamme sans ouvrir ? Comment mesurer les quantités de gaz utilisées ? Comment améliorer la pureté des produits de départ ? Cet hydrogène qui fuit tellement facilement est toujours trop lourd, donc il n'est pas pur. Cavendish a obtenu des traces d'acide nitrique et il est arrivé que l'eau de chaux de Lavoisier louchisse⁴ très légèrement.

Alors, la course au bilan des poids s'accélère ; les factures du constructeur Mégnié qui travaille 92 jours cette année 1783 à la conception des appareils de Lavoisier atteignent des

montants vertigineux. Dès qu'il en a connaissance, Lavoisier adopte l'allumage par décharge électrique de Monge (figure 2) tandis que Meusnier surveille la construction de gazomètres destinés à remplacer les cuves pneumatiques.

Cependant, la cible a changé. Ce n'est plus l'acide manquant qu'il s'agit de capturer, c'est l'antique doctrine de l'eau-élément qu'il s'agit d'abattre. Lavoisier réorganise sa stratégie. Si la synthèse échappe encore aux exigences de précision indispensables, il faut attaquer le dogme par une autre face : celle de la décomposition.

La contribution d'un gros ballon et d'un brillant jeune homme

Cet été 1783, en juillet, la nouvelle machine aérostatique de Charles vient concurrencer le ballon extraordinaire des frères Montgolfier. L'intérêt stratégique de ces inventions est évident et l'on crée, en décembre de la même année, la commission pour le perfectionnement des machines aérostatiques dont Meusnier et Lavoisier font partie.

Ancien élève de Monge à l'École du Génie de Mézières, Meusnier est bien connu de Lavoisier qui a suivi ses travaux sur une machine à dessaler l'eau de mer⁵. Il pratique la chimie à l'Arsenal et signe avec Lavoisier le mémoire lu le 21 avril 1784 [4].

Cependant, Meusnier est probablement déçu par la tournure que prend sa collaboration avec Lavoisier. Il s'agissait pour lui de mettre au point une technique sûre et économique pour produire de l'hydrogène en grand, or le mémoire du 21 avril apparaît surtout comme un article théorique sur la réduction de l'eau. Les métaux les plus chers sont essayés au même titre que les plus économiques ; toute l'attention est portée sur les bilans pondéraux et la question de la production en grand n'intervient qu'à la dernière page, où l'on apprend que l'on peut employer "celle des substances que l'on jugera devoir employer" [5] !

Meusnier retourne à Cherbourg en août 1785. Il n'écrira jamais le mémoire relatif à la grande expérience

de 1785, que Lavoisier lui réclame encore en 1787 par une lettre à laquelle il ne donnera pas de réponse.

Un phlogistique bien encombrant

Les chimistes de l'époque fabriquent l'hydrogène par action de l'acide sulfurique sur un métal. Ils savent que la solution restante est *identique* à celle que l'on obtient en faisant agir la *même quantité d'acide* sur "la chaux" *du même métal*⁶. Pour les phlogisticiens, un métal est un corps composé de chaux et de phlogistique. La réaction de l'acide sur le métal s'interprète donc simplement comme une décomposition du métal, celui-ci ayant plus d'affinité pour l'acide que pour l'hydrogène qui s'identifie alors au phlogistique. L'hydrogène provient donc du métal⁷.

Lavoisier, par contre, est embarrassé face à cette réaction. Il a vérifié que les réactions de combustion qui transforment les métaux en leur chaux se font avec augmentation de poids. C'est la chaux qui apparaît alors comme composée de métal et de "la partie la plus respirable de l'air". Par ailleurs, selon sa théorie sur les acides, l'acide sulfurique n'est que de l'oxyde de soufre en solution aqueuse. Si le métal et l'eau sont des éléments indécomposables et si l'acide sulfurique est un oxyde en solution aqueuse, alors d'où vient l'hydrogène ?

Kirwan, chimiste britannique, tente un compromis en admettant le rôle de l'air dans l'augmentation de poids observé au cours des réactions de combustion, mais en conservant le phlogistique. L'action de l'acide sur le métal devient alors une double décomposition, et le phlogistique-hydrogène sort vainqueur.

C'est Laplace qui propose en septembre 1783 l'hypothèse selon laquelle l'hydrogène obtenu ne viendrait ni du métal, ni de l'oxyde du soufre, mais de l'eau dans laquelle cet oxyde est dissous. Ce serait alors une décomposition de cette eau admise par Lavoisier au rang de corps composé depuis la synthèse de juin, et l'objection des phlogisticiens tomberait.

La chimie de l'eau devient un enjeu fondamental dans la lutte contre le

phlogistique. Il faut accumuler les preuves et multiplier les expériences ; après la synthèse, il faut explorer les réactions de décomposition.

Une prévision efficace des conditions de décomposition

Pour Lavoisier, un gaz n'est jamais un élément mais la combinaison d'une "base"⁸ matérielle particulière et de calorique (dit encore matière du feu ou substance de la chaleur). C'est cet élément-principe, porteur de qualité dans la plus pure tradition du XVIII^e siècle, qui donne à la matière son caractère "aéiforme".

Toute réaction où disparaît une quantité de gaz, qui est riche en calorique, se fera avec dégagement de chaleur. C'est le cas des réactions de combustion en général, et particulièrement le cas de l'hydrogène qui est lui-même gazeux.

La décomposition de l'eau (figure 3) sous le seul effet de la température ne peut être envisagée comme l'avait été celle de l'oxyde de mercure car elle produit deux gaz et nécessite, de ce fait, un apport de chaleur très considérable. Il faut donc coupler cette réaction avec la consommation d'un des gaz formés, par exemple l'oxygène, pour que l'apport de chaleur nécessaire devienne réalisable. Les réactions d'oxydation sont appelées à la rescousse.

La question qu'il s'agissait de résoudre était donc de décomposer l'eau, en lui présentant des intermédiaires capables de s'unir à l'un de ses principes constituants, et tendant à cette union avec une force supérieure à celle qui lie ces principes entre eux ; et, puisqu'il était si naturel de penser qu'outre l'air inflammable l'eau contient encore l'air déphlogistique que nous avons vu contribuer à sa formation, il fallait chercher à en séparer ce dernier par le moyen des corps avec lesquels on lui connaît une grande affinité : c'était donc parmi ces corps combustibles et les métaux calcinables⁹ que nous pouvions espérer de trouver les agents propres à opérer cette décomposition [5].

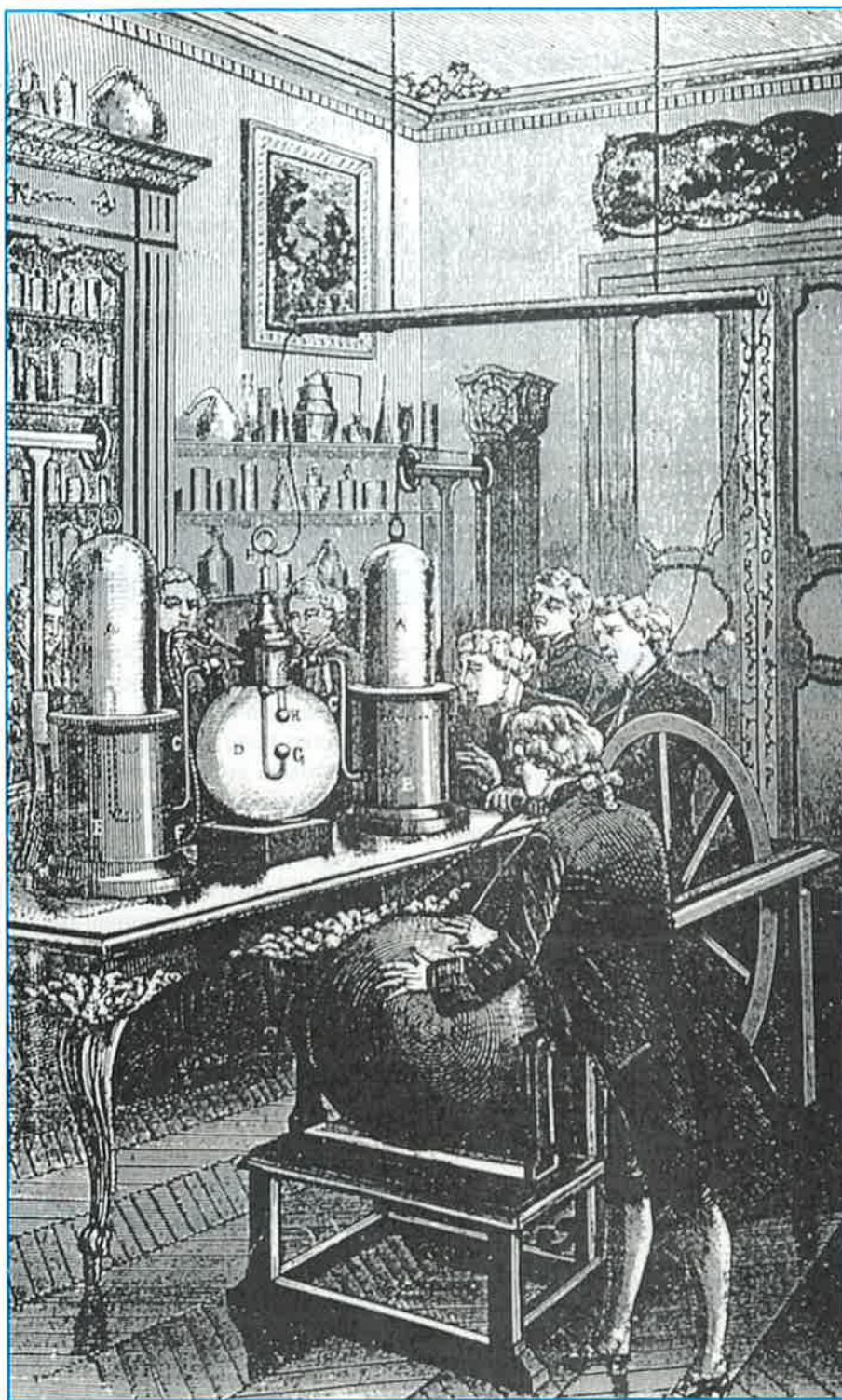


Figure 2 - Expérience de Lavoisier-Laplace de la synthèse de l'eau avec l'allumage électrique, perfectionnement dû à Monge. L'appareil au premier plan est une génératrice électrique (C. Bailleux, P. Clément, L'hydrogène révolutionnaire, EDF)

Comme attendu, l'or et l'argent qui ne s'oxydent pas facilement ne donnent rien. Le cuivre ne s'oxyde pas non plus dans ces conditions, bien qu'il puisse être oxydé par l'oxygène. Le zinc, le charbon donnent de bons résultats, l'étain et l'antimoine donnent des réactions trop fortes. Le

fer se transforme en un oxyde noir dont la nature semble varier en fonction de l'exposition à l'oxydation¹⁰ mais ne fournit pas l'oxyde rouge. Nos diagrammes d'Ellingham ne disent pas autre chose aux températures élevées.

Tableau I - Décomposition de l'eau : chronologie des expériences.

Date	Auteurs	Résumé	Observation	Conclusion
avant les travaux de Lavoisier	Bergman	réaction du fer sur l'eau pure	formation d'hydrogène et d'oxyde noir	
avant les travaux de Lavoisier	abbé Fontana Hassenfratz Stoultz, Hellancour	extinction du charbon ou du fer rouge dans l'eau	formation d'hydrogène	
avant les travaux de Lavoisier	Priestley	réaction des oxydes métalliques sur l'hydrogène	obtention du métal, dans de nombreux cas le fer ne se réduit qu'en oxyde noir	l'hydrogène est identifié au phlogistique
1783	Lavoisier	expérience Bergman	réaction très lente	l'eau est décomposée
hiver 1783-1784	Lavoisier, Meusnier	réaction du fer sur l'eau	obtention de l'hydrogène	l'eau est décomposée
février 1785	plusieurs personnes dont Lavoisier	décomposition spectaculaire	conservation de la masse dans la réaction de décomposition	l'eau est composée d'un volume d'oxygène pour deux d'hydrogène

La nouvelle doctrine prête pour la victoire

Après la synthèse de l'eau, Lavoisier a donc réussi en 1784 son analyse. Mais il fait plus que cela. Il est maintenant à la tête d'une doctrine chimique capable d'anticiper, de prévoir efficacement le résultat d'expériences nouvelles. Le phlogistique n'est pas une hypothèse dont il a démontré le caractère erroné : c'est un concept devenu inutile. Le principe oxygène, le calorique, la conservation du poids de chaque élément sont devenus les seuls outils nécessaires. La révolution chimique va entrer dans une phase nouvelle : celle de la séduction.

Lavoisier qui n'a pas pleinement réussi ses attaques contre le phlogistique en 1777, ne néglige rien ni personne dans cette entreprise de conversion à la doctrine nouvelle. Il va

construire un réseau de plus en plus large de chimistes convaincus, et pour convaincre, il n'hésite pas à mettre en scène avec faste les expériences de décomposition et de recombinaison de l'eau si laborieusement mises au point.

En février 1785, c'est bien de publicité qu'il s'agit. Les expériences qui ont coûté des milliers de livres et qui ont demandé des mois de travail n'apportent pas de résultat vraiment nouveau. Elles constituent, par contre, un événement phare dans le monde scientifique du moment. C'est l'aura qui entoure l'événement qui entraîne la conviction, plus que la démonstration elle-même.

De l'efficacité des expériences douteuses

Malgré tout le soin apporté à leur préparation, les expériences de février

ne se déroulent pas sans incident : un récipient s'est cassé, de l'eau a été projetée sur le mur, entraînant avec elle la mesure et le bilan des poids. Rien ne se crée, mais la preuve est perdue, étalée sur le mur.

Lavoisier, loin d'estimer que l'expérience est manquée, fait recommencer des projections d'eau pour évaluer la quantité manquante. Berthollet, qui est chargé de certifier la rigueur des opérations, admire la précision de l'estimation des pertes et certifie que les résultats sont incontestables.

Il annonce le 6 avril 1785, sa conversion aux idées de Lavoisier dans un mémoire sur l'acide marin déphlogistiqué. Il entraîne dans son adhésion plusieurs autres chimistes, dont Fourcroy et Guyton de Morveau. Ensemble, ils effectueront un travail de sape très efficace de l'ancienne chimie :

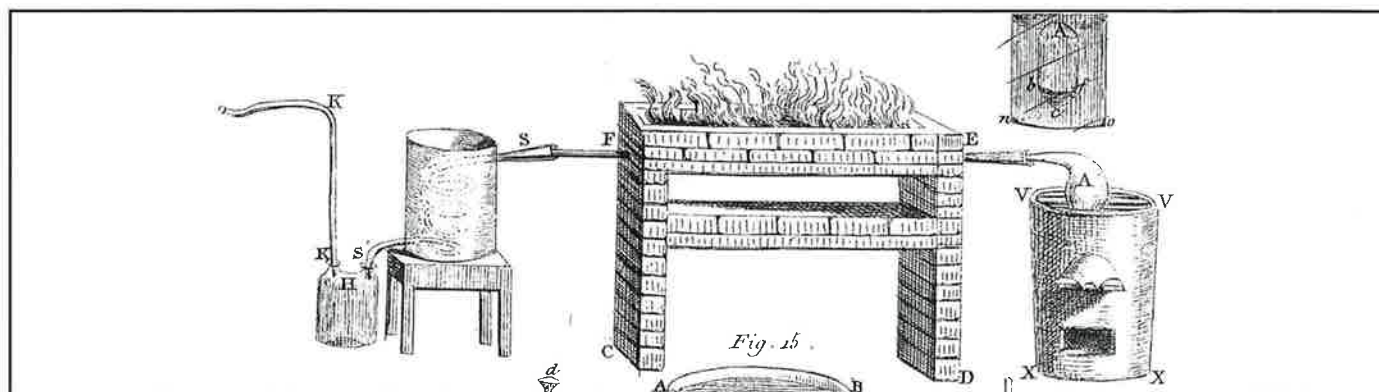


Figure 3 - Décomposition de l'eau, *Traité élémentaire de Chimie*, Lavoisier, tome II, planche VII.

Tableau II - Synthèse de l'eau : chronologie des expériences.

Date	Auteurs	Résumé	Observation	Conclusion
avant les travaux de Lavoisier	Macquer	combustion de l'hydrogène à l'air libre	la coupelle froide se recouvre de buée	l'eau en suspension se dépose
septembre 1777	Lavoisier Bucquet	combustion de l'hydrogène contenu dans un flacon	l'eau de chaux ne se trouble pas	la combustion ne donne pas de gaz carbonique
hiver 1781-1782	Lavoisier Gengembre	combustion de l'hydrogène dans l'oxygène en milieu fermé	les réactifs caractéristiques des acides sont négatifs	la combustion ne donne pas d'acide
24 juin 1783	plusieurs personnes dont Lavoisier	combustion en milieu fermé sur cuve à mercure	grosse production d'eau	l'eau est le produit de la réaction : c'est un composé
février 1785	plusieurs personnes Lavoisier	synthèse spectaculaire	conservation de la masse dans la réaction de synthèse	l'eau est composé d'un volume d'oxygène et deux d'hydrogène

ils changeront la langue. Dans la nomenclature qu'ils publient en 1787, chaque corps reçoit un nom qui reflète sa composition telle qu'elle est perçue dans le cadre de la chimie nouvelle. Le vocabulaire imagé et tortueux d'autrefois disparaît au profit d'une langue rationnelle et les nouvelles générations de chimistes ne comprendront plus les textes anciens devenus inaccessibles.

Références

- [1] Bensaude-Vincent B., *Lavoisier*, éd. Flammarion, Paris, 1993.
- [2] Daumas M., *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, éd. Presses Universitaires de France, 1955.
- [3] Partington, *A short history of chemistry*, 1937, réédition de 1957, Harper and brothers, New York.
- [4] Belin P., in Sadoun-Goupil, *Lavoisier et la révolution chimique*, actes du colloque (1989) tenu à l'occasion du bicentenaire de la publication du *Traité élémentaire de Chimie*, éd. Sabix, École Polytechnique, 1992.
- [5] Lavoisier, *Œuvres*, t. II, publié par son Excellence le ministre de l'Instruction publique et des Cultes, J.-B. Dumas, t. II, 1864.

Bibliographie

Abbott D., *The biographical dictionary of scientists*, Frederick Muller, Alexandra road, Wimbledon, Londres, 1983.

Baillieux C., Clément P., *L'hydrogène*

révolutionnaire, document EDF.

Daumas M., *Lavoisier*, éd. Gallimard, Paris, 1942.

Grimaux E., *Lavoisier*, 1896 ; réédition Jacques Gabay, 1992.

Sadoun-Goupil M., *Le chimiste Claude-Louis Berthollet*, éd. Librairie philosophique J. Vrin, Paris, 1977.

Notes

¹ Environ 50 L.

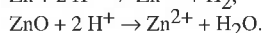
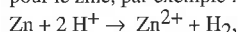
² Test de présence d'un acide.

³ Moins de 11,5 g.

⁴ Louchir : donner un louche (léger précipité flottant dans un liquide).

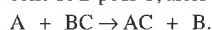
⁵ La réalisation de cette machine a dû être abandonnée en raison de problèmes techniques insurmontables. Meusnier est élu adjoint géomètre à l'Académie en janvier 1784, année où il présente à l'Académie des sciences neuf mémoires sur les machines aérostatiques.

⁶ En termes modernes, les réactions s'écrivent, pour le zinc, par exemple :



La même solution de sulfate de zinc, à une quantité d'eau indiscernable près, peut être obtenue par l'action de la même quantité d'acide sur le métal ou sur son oxyde.

⁷ On utilise ici la théorie des affinités en usage à l'époque : si l'affinité de A pour C est supérieure à celle de B pour C, alors on a la réaction :



⁸ Principe ou substrat.

⁹ Oxydables à l'air.

¹⁰ L'oxydation effectuée dans ces conditions fournit FeO, puis Fe₃O₄. Par contre, on n'obtient pas Fe₂O₃. Si le refroidissement est assez rapide, FeO ne se décompose pas sensiblement et peut être observé à l'état métastable.

Éléments d'histoire d'un concept disparu : le calorique

1794-1994

BICENTENAIRE
LAVOISIER

Paul Brouzeng* professeur, directeur du GHDSO,
Danielle Fauque* docteur en histoire des sciences

En 1784, l'Académie royale des Sciences publie, dans son volume pour 1780, un "Mémoire sur la chaleur" signé de Lavoisier et Laplace que l'histoire retiendra comme un véritable chef d'œuvre de la littérature scientifique. Ce texte de quatre vingts pages illustre avec éclat la méthode pratiquée par les savants de l'époque, fondée sur l'expérience, dont les procédures sont décrites avec un souci constant de rigueur et de précision, la mesure et l'évaluation des résultats obtenus. Pour qui veut démontrer la fécondité de la méthode expérimentale, le "Mémoire sur la chaleur" constitue un outil remarquable.

Une véritable stratégie de la mesure

Lu les 18 et 25 juin 1783, le "Mémoire" est constitué de quatre parties. Comme l'indiquent les auteurs eux-mêmes "dans le premier, nous exposerons un moyen nouveau pour mesurer la chaleur ; nous présenterons dans le second, le résultat des

principales expériences que nous avons faites par ce moyen ; dans le troisième, nous examinerons les conséquences qui suivent de ces expériences ; enfin dans le quatrième article, nous traiterons de la combustion et de la respiration"[1].

Il y a lieu de souligner à la fois la clarté de la présentation et la volonté des auteurs de s'adresser à un public très large n'ayant pas, a priori, de connaissances approfondies dans le domaine concerné. Il s'agit de conduire progressivement le lecteur, auquel on fournit tous les éléments nécessaires, à la fois matériels et théoriques, pour avancer dans la connaissance des questions traitées. Aucun détail concernant les appareils utilisés, y compris les thermomètres dont on précise à la fois la constitution, les dimensions et les bases théoriques des mesures attendues, aucune explication à propos du fonctionnement du calorimètre "inventé" par les deux savants ne manquent. Il est intéressant de noter, pour exemple, la méthode de l'expérimentation utilisée par les deux savants pour déterminer les chaleurs spécifiques des différents corps ; le principe est simple : pour les solides, on mesure la masse de glace fondue (m) au cours du refroidissement du corps d'une température donnée (T) à 0°C . La quantité de glace fondue, divisée par le produit de la masse du corps (m') et du nombre de degrés dont le corps a chuté en cours d'expérience, indique "la quantité de glace que l'unité de masse du corps peut fondre en se refroidissant d'un degré"¹.

Pour les fluides contenus dans un récipient de verre et introduits à l'intérieur du calorimètre, les

expérimentateurs tiennent compte de la quantité de glace que "la chaleur du verre a dû fondre"².

Les deux savants poursuivent avec la même minutie et la même rigueur les mesures des quantités de chaleur dégagées lors de la combustion de diverses substances (le phosphore, l'éther vitriolique...), lors de la calcination des métaux et par la respiration. Le "Mémoire" se distingue notamment des ouvrages de la même période traitant de problèmes analogues, par cette volonté de préciser ce que l'on veut étudier, d'isoler le phénomène en éliminant les effets perturbateurs et de n'avancer que des vérités déduites de l'expérience et vérifiées par un grand nombre de mesures concordantes.

En fait, il n'est pas excessif de parler d'une véritable "initiation" à la démarche qui détermine le progrès des connaissances de l'époque à laquelle on convie le lecteur. Initiation également aux débats qui animent la communauté scientifique. Celui sur la nature de la chaleur divise les savants en deux camps : ceux qui défendent l'idée de la *chaleur-substance* et ceux qui considèrent la chaleur comme un effet de l'intensité du *mouvement* des particules qui constituent les corps. Question d'importance et devenue pertinente depuis que l'on a réussi à s'accorder sur le repérage des températures à partir de la détermination des points fixes 0° et 100° par Celsius vers 1740 et le choix du mercure comme liquide thermométrique³. Ce repérage précis a permis de lever toute ambiguïté entre les deux grandeurs qui sont à la base du

*Groupe d'Histoire et de Diffusion des Sciences d'Orsay (GHDSO), Université Paris-Sud, bât. 307, 91405 Orsay Cedex.
Tél. : (1) 69.41.61.79. Fax : (1) 69.85.54.93.
Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire.

développement de la science de la chaleur - température et quantité de chaleur - et surtout de mettre un terme, dans ce domaine, grâce aux repères quantitatifs et aux mesures rendues désormais possibles, à l'approche qualitative des phénomènes calorifiques. Cet objectif apparaît avec clarté dans le texte du mémoire.

Dans l'article premier, Laplace et Lavoisier précisent :

"Quelle que soit la cause qui produit la sensation de la chaleur, elle est susceptible d'accroissement et de diminution et, sous ce point de vue, elle peut être soumise au calcul",

et ils ajoutent :

"Il ne paraît pas que les anciens aient eu l'idée de mesurer ces rapports, et ce n'est que dans le dernier siècle que l'on a imaginé des moyens pour y parvenir"[2].

Mais cela ne résolvait pas, pour autant, le problème que l'on se posait sur la nature de la chaleur. A ce propos, les auteurs du *Mémoire* s'attachent d'emblée à donner au lecteur un résumé fort précis des opinions diverses professées par leurs contemporains.

"Les physiciens sont partagés sur la nature de la chaleur. Plusieurs d'entre eux la regardent comme un fluide répandu dans toute la nature et dont les corps sont plus ou moins pénétrés, à raison de leur température et de leur disposition particulière à le retenir... D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat des mouvements insensibles des molécules de la matière. On sait que les corps, même les plus denses, sont remplis d'un grand nombre de pores ou de petits vides [...]. Ces espaces vides laissent à leurs parties insensibles la liberté d'osciller dans tous les sens... C'est ce mouvement intestin qui, suivant les physiciens dont nous parlons, constitue la chaleur"[3].

Le triomphe du calorique

En fait, le débat s'organise autour de deux conceptions incompatibles : pour les uns, la chaleur est une substance, pour les autres, un mouvement.

Cette substance, identifiée à un fluide impondérable, avait permis à Joseph Black (1728-1799), physicien

écossais professeur à l'université d'Édimbourg, de définir et de mesurer dès 1742 des grandeurs caractéristiques des corps ; d'abord la *chaleur spécifique*, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids d'un corps pour la porter d'une température à une autre, plus élevée d'un degré dans l'échelle thermométrique. Découverte retentissante qui ruinait les lois admises, notamment par l'Abbé Nollet (1700-1770) et le physicien de Leyde, Mussenbroeck (1692-1761), selon lesquelles *"un pied cube d'or, un pied cube de plomb, un pied cube d'eau, un pied cube d'air, lorsqu'ils sont également chauds contiennent une même quantité de chaleur"* [4]. Utilisant la méthode des mélanges pour évaluer les quantités de chaleur, Black avait déterminé les chaleurs spécifiques de divers corps, celle du mercure en particulier.

La seconde découverte de Black fut celle de la *chaleur latente* : au cours d'un changement d'état, la quantité de chaleur mise en jeu (absorbée ou dégagée) *"n'agit pas sur le thermomètre"*. Au cours de ces changements d'état, la chaleur emmagasinée à l'état latent devient principe de fabrication du calorimètre inventé et réalisé par Lavoisier et Laplace.

Ces expériences et leurs résultats sont par ailleurs signalés dès 1779, puis présentés de manière plus détaillée en 1783, dans une revue française originale, annuelle, dont le titre est significatif d'une volonté de large diffusion des connaissances scientifiques de l'époque. Il s'agit de la *Notice de l'Almanach sous verre des Associés, rue Saint-Jacques à Paris, contenant les découvertes, inventions ou expériences nouvellement faites dans les sciences, les arts, les métiers, l'industrie, etc.*

Dans la "seizième suite" de la Notice (1783), au chapitre physique, on note : *"chaleur latente, ou nouvelle découverte du feu caché que contiennent les différents corps. Les corps homogènes et les hétérogènes contiennent chacun une certaine quantité de chaleur. On est parvenu à mesurer cette chaleur ; on sait par exemple que la chaux d'étain contient*

onze fois moins de feu que l'eau ; l'air atmosphérique dix-huit fois plus et l'air déphlogistiqué quatre-vingt-sept fois plus que l'eau. MM. Black et Wilcke sont les premiers auteurs de cette découverte".

Les travaux de Black fondaient en quelque sorte l'histoire de la science de la chaleur. Pour la première fois, il devient possible d'attribuer une valeur quantitative à des phénomènes qui, jusque-là, relevaient plutôt du débat philosophique s'appuyant sur des conceptions diverses de la matière du "feu".

Pour l'heure, c'est-à-dire en 1782, date du début de leurs travaux, Lavoisier et Laplace se tiennent dans une prudente réserve et décident de ne pas trancher :

"Nous ne déciderons point entre les deux hypothèses précédentes ; plusieurs phénomènes paraissent favorables à la dernière (hypothèse de la chaleur / mouvement) ; tel est par exemple celui de la chaleur que produit le frottement de deux corps solides ; mais il en est d'autres qui s'expliquent plus simplement dans la première ; peut être ont-elles lieu toutes deux à la fois. Quoi qu'il en soit, comme on ne peut former que ces deux hypothèses sur la nature de la chaleur, on doit admettre les principes qui leur sont communs ; or suivant l'un et l'autre, la quantité de chaleur libre reste toujours la même dans le simple mélange des corps"[5].

et les auteurs ajoutent plus loin :

"Dans l'ignorance où nous sommes sur la nature de la chaleur, il ne nous reste qu'à bien observer ses effets dont les principaux consistent à dilater les corps, à les rendre fluides et à les convertir en vapeurs"[6].

Mais le choix de Lavoisier est définitif ; il l'exprime pleinement dans sa conception des divers états de la matière. Il commence le *Traité élémentaire de Chimie* (1789) par un exposé sur les combinaisons du calorique. Selon la loi newtonienne, les petites parties des corps ou molécules ont tendance à se rapprocher mais, sous l'action du calorique, ont tendance à se repousser. Lors donc que la force d'attraction sera supérieure à la force de répulsion, le corps demeure dans l'état solide ; dans le cas contraire, les molécules perdent leur adhérence, et le

corps cesse d'être un solide. La chaleur occasionne une répulsion :

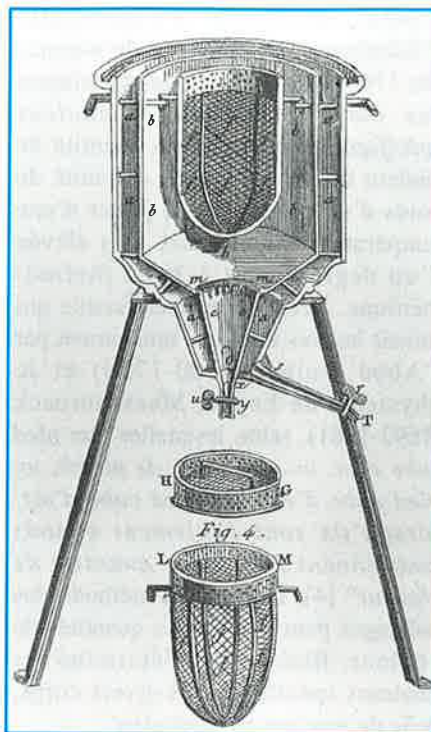
"il est difficile de concevoir ces phénomènes sans admettre qu'ils sont l'effet d'une substance réelle et matérielle, d'un fluide très subtil qui s'insinue à travers les molécules de tous les corps et qui les écarte : et en supposant même que l'existence de ce fluide fût une hypothèse, on verra dans la suite qu'elle explique d'une manière très heureuse les phénomènes de la Nature" [7].

Suivant cette hypothèse, il étudie systématiquement les quantités de calorique échangées lors de la dilatation et de la contraction des métaux et du verre à partir de 1781, des changements d'état de solide à liquide puis de liquide à vapeur. De même, il poursuivra avec Seguin les expériences sur la respiration et la transpiration (1790-1792) dans lesquelles le calorique est clairement désigné comme "matière de la chaleur" et principe constitutif des gaz et des airs[8].

Il semble donc, à la lecture des écrits des deux auteurs postérieurs à la publication du "Mémoire", que la prudence, exprimée dans ce texte, soit due à Laplace lui-même, que la théorie du calorique, telle qu'elle était présentée à l'époque, ne réussissait pas à convaincre. Les phénomènes lui paraissaient plus compliqués et susceptibles d'une étude plus approfondie, à laquelle il consacra tous ses efforts au cours des décennies qui suivirent, et qui aboutit à la présentation d'une théorie dans le tome V de la *Mécanique céleste* en 1823.

La mécanique céleste : une tentative de conciliation

Berthollet aidé de Laplace avait constitué, à partir de 1802, une équipe de chercheurs connue sous le nom de Société d'Arcueil. C'est là que le mathématicien poursuit ses recherches. Gay-Lussac (1778-1850), "dont les talents, disait Berthollet, [nous furent] d'un grand secours", devait les y rejoindre et réaliser des expériences dont les résultats permirent à Laplace de faire de la théorie de la chaleur une théorie aussi fondamentale que celle de



Calorimètre *Traité élémentaire de Chimie*, Lavoisier, t. II, extrait de la planche VI.

l'attraction universelle de Newton.

La chaleur libre représente la force vive⁴ du mouvement moléculaire, la chaleur latente qui apparaît lors d'un changement d'état équivaut au travail accompli, au cours de la transformation, par les forces d'attraction ou de répulsion agissant entre les molécules des corps. Laplace admettait d'ailleurs que la quantité de chaleur absorbée ou dégagée ne dépendait que de l'état initial et de l'état final, principe admis par la plupart des scientifiques de l'époque et que Lavoisier et Laplace expriment dans le "Mémoire" comme l'un des principes compatibles avec les deux conceptions sur la nature de la chaleur.

"On doit admettre le principe suivant, est-il précisé dans le "Mémoire", comme commun aux deux hypothèses :

Si dans une combinaison ou dans un changement d'état quelconque, il y a diminution de chaleur libre, cette chaleur reparaitra tout entière lorsque les substances reviendront à leur premier état...

ou encore :

Toutes les variations de chaleur, soit réelles, soit apparentes qu'éprouve un système de corps, en changeant d'état, se reproduisent dans un ordre inverse,

lorsque le système repasse à son premier état" [9].

Dans le développement de sa théorie, Laplace rappelle les résultats remarquables obtenus depuis 1780, date de publication du *Mémoire*, par Gay-Lussac puis Clément (1778-1841) et Desormes (1777-1862) sur les chaleurs spécifiques des gaz (à pression constante et à volume constant) et leur rapport ($C_p/C_v = \gamma$) mesuré à 1,375 que des expériences ultérieures plus précises fixeront à 1,4. Ce résultat permit de corriger l'expression de la vitesse du son proposée par Newton mais que les expériences ne vérifiaient pas. La nouvelle formule introduisant le rapport γ concordait parfaitement avec les mesures expérimentales qui furent effectuées à l'initiative de Laplace par le Bureau des Longitudes. Enfin Clément et Desormes donnèrent la première valeur du zéro absolu de température (- 267,5 °C pour les deux expérimentateurs et - 266,66 °C pour Laplace) obtenue à partir de considérations liées aux mêmes expériences sur la dilatation des gaz. Cette période qui s'étend de 1780 à 1824 est sans doute l'une des plus fécondes en ce qui concerne le développement de la science de la chaleur à laquelle il faut associer les travaux de Fourier (1768-1830) sur les phénomènes de transfert de chaleur, dont les résultats furent publiés en 1822.

La lente agonie du calorique

Deux éléments importants devaient porter un coup fatal à l'idée de la matérialité du fluide calorique. Ce sont d'abord les expériences de H. Davy (1778-1829) sur "la liquéfaction de la glace par le frottement" et celles du Comte Rumford (1753-1814) sur "la source de chaleur engendrée par le frottement" produit par le forage des canons, expériences qui, la même année (1798), associent très directement la production de chaleur à un mouvement.

A ce sujet, la conclusion de Rumford est formelle :

"Qu'est-ce que la chaleur ? Y-a-t-il là quelque chose comme un fluide igné ? Y-a-t-il quelque chose qui puisse être

Chaleurs spécifiques.

Les mesures des chaleurs spécifiques, effectuées par Lavoisier et Laplace quelques années plus tard, sont consignées dans l'article II du "Mémoire sur la chaleur". En voici les résultats :

De l'eau commune	1
De la tôle ou du fer battu	0,109985
Du verre sans plomb ou du cristal	0,1929
Du mercure	0,029
De la chaux vive du commerce	0,21689
Du mélange d'eau et de chaux vive dans le rapport de 9 à 16	0,439116
De l'huile de vitriol dont la pesanteur spécifique est 1,87058	0,334597
Du mélange de cette huile avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3	0,603162
Du mélange de la même huile de vitriol avec l'eau, dans le rapport de 4 à 5	0,663102
De l'acide nitreux non fumant (pesanteur spécifique 1,29895)	0,661391
Du mélange de cet acide avec la chaux vive, dans le rapport de 9 1/3 à 1	0,61895
Du mélange d'une partie de nitre avec huit parties d'eau	0,8167

appelé proprement calorique ? ... En raisonnant sur ce sujet nous ne devons pas oublier cette circonstance des plus remarquables, que la source de chaleur engendrée par le frottement dans ces expériences paraît évidemment être inépuisable. Il est à peine nécessaire d'ajouter qu'une chose qu'un corps isolé ou un système de corps peut continuer de fournir indéfiniment, sans limites, ne peut absolument pas être une substance matérielle ; et il me paraît difficile, sinon tout à fait impossible, de se former une idée d'une chose capable d'être excitée ou communiquée dans ces expériences, à moins que cette chose ne soit du *mouvement*" [10].

Ce premier "accroc" à la cohérence de la théorie du calorique, bien qu'il nous paraisse aujourd'hui assez convaincant pour justifier son rejet, ne fut point suffisant... Bien des années après, les partisans - ou du moins les utilisateurs - du concept étaient encore très nombreux et non des moindres. En 1824, Sadi Carnot (1796-1832), dans les admirables "Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance", explique la production de

puissance motrice par la chute du calorique qu'il compare à celle d'une chute d'eau. Les notes posthumes de celui que l'on considère, à juste titre, comme le fondateur de la thermodynamique, révèlent cependant qu'il n'accordait point de crédit excessif à l'hypothèse du calorique qu'il jugeait "incompatible avec le développement de la chaleur par la percussion et le frottement des corps".

"Un mouvement, ajoutait-il, pourrait-il produire un corps (le calorique) ? Non, sans doute, il ne peut produire qu'un mouvement. La chaleur est donc le résultat d'un mouvement". [11].

Le second élément décisif est la mise en cause du principe selon lequel au cours d'une transformation ouverte, dirions-nous aujourd'hui, faisant passer un corps ou un système de corps d'un état à un autre, la quantité de chaleur absorbée ou dégagée est identique quels que soient les chemins suivis pour atteindre le second état⁵. Bien que Robert Mayer (1814-1878) et William Thomson (1824-1907) aient, sur ce point, apporté des contributions de premier ordre, c'est bien à Rudolph Clausius (1822-1888) que l'on doit d'avoir énoncé, à partir des travaux de Carnot, le nouveau principe avec la plus grande clarté et d'avoir ainsi précisé et rendu opératoires les concepts d'énergie interne et de potentiel thermodynamique [12], qui, eux, représentent les véritables fonctions d'état. Désormais, le concept de calorique a vécu, et la thermodynamique, forte de ses principes, va connaître un destin des plus glorieux. Elle le doit, pour une bonne part, à l'extraordinaire foisonnement d'idées et d'expérimentations que son objet a suscité à la fin du XVIIIe siècle et durant le premier quart du XIXe siècle.

L'histoire du concept de calorique est édifiante : un temps, porteur et fécond, il se révèle incapable, à un moment donné, d'expliquer la réalité des phénomènes. Et les efforts des savants les plus éclairés découvrent un champ élargi d'expériences et de réflexions théoriques qui vont fonder de nouvelles approches et apporter des réponses plus pertinentes, jamais

définitives, aux grandes questions de la physique et de la chimie.

Au fait, quelle définition (quelles définitions) donnerions-nous aujourd'hui à une *quantité de chaleur* ? La réponse (ou les réponses) à une telle question justifierait(ent) une autre étude.

Références

- [1] Lavoisier, A.-L., Laplace P.-S., Mémoire sur la chaleur, rééd. Gauthier-Villars, 1920, p. 7-8.
- [2] *Ib.*, p. 8.
- [3] *Ib.*, p. 10.
- [4] Cité par Duhem Pierre, Les théories de la chaleur, in *Revue des Deux Mondes*, 1895, t. 129 et 130.
- [5] cf. [1], p. 12.
- [6] *Ib.*, p. 14.
- [7] Lavoisier A.-L., *Traité élémentaire de chimie*, 1789, p. 4.
- [8] Lavoisier A.-L., Seguin, Premier mémoire sur la respiration des animaux, in *Oeuvres*, sous la direction de Dumas J.-B., 1864, t. II, p. 688.
- [9] cf. [1] p. 13.
- [10] Rumford, *Recherches sur la source de la chaleur engendrée par le frottement*, lu devant la Société Royale (Londres) le 25 janvier 1798.
- [11] Clausius Rudolph, *Théorie mécanique de la chaleur*, 12 Mémoires 1850-1865. Traduction française 1868. Réédition Jacques Gabay, 1991.

Notes

¹L'expression actualisée de ce calcul est :

$C = m$ (masse de la glace fondue) x L (chaleur latente de fusion de la glace) / m' (masse du corps) x T (température initiale du corps)

La chaleur latente (L) de fusion de la glace apparaît en fait de manière implicite dans les affirmations suivantes :

"Une livre d'eau en se refroidissant de 60 degrés (Réaumur) peut fondre une livre de glace" ou encore :

"Il suit de là que la glace absorbe 60 degrés de chaleur en devenant fluide".

²Le principe du calorimètre de Lavoisier et Laplace diffère du premier appareil permettant de déterminer des quantités de chaleur mis au point dix années plus tôt par Joseph Black (1728-1799) dans son laboratoire d'Édimbourg selon la méthode des mélanges.

³On notera que Laplace et Lavoisier, s'ils utilisent les deux mêmes points fixes (température de la glace fondante et température de l'eau bouillante) situent ces repères respectivement à 0° et 80° (échelle Réaumur) à la pression d'une colonne de mercure de 28 pouces (75,8 cm).

⁴Énergie cinétique

⁵Nous raisonnons ici dans le cadre de la thermodynamique classique où les échanges entre le corps (ou le système de corps) et l'environnement ne concernent que le travail mécanique et la chaleur.

La balance : un univers de mesure

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Bernadette Bensaude-Vincent * maître de conférences

On admet couramment que Lavoisier a révolutionné la chimie à l'aide d'une balance. Cette opinion, largement fondée sur une lecture des mémoires de Lavoisier, trouve son origine dans les fameuses expériences, effectuées par Lavoisier en 1772, sur l'augmentation de poids des métaux calcinés, qui l'ont conduit à douter du rôle du phlogistique dans la combustion et à envisager "une révolution en physique et en chimie". L'idée d'une balance révolutionnaire est embellie par l'éditeur des Œuvres de Lavoisier, le chimiste Jean-Baptiste Dumas : «*La balance est donc dès le premier essai, entre les mains de Lavoisier, un réactif, permettez-moi cette expression, un réactif fidèle, dont il a fait un usage constant. [...] Dès 1772, Lavoisier possédait l'idée fondamentale sur laquelle tous ses travaux se sont appuyés et [...] il y a été conduit par cet emploi de la balance que lui seul connaissait alors, car avant Lavoisier les chimistes ignoraient l'art de peser*» [1].

Ce propos paraît excessif, d'après les informations livrées par les historiens [2]. Contrairement à ce que prétend Dumas, l'art de peser n'était pas totalement ignoré des chimistes avant Lavoisier. Les balances faisaient partie de l'équipement du laboratoire au XVII^e siècle à côté du fourneau, des vessies, cornues, alambics, cucurbites et cloches. Elles étaient depuis longtemps utilisées par les apothicaires, qui pouvaient se contenter de pesées approximatives pour leurs préparations, et les essayeurs qui, eux, pesaient les métaux précieux avec beaucoup de précision.

Au XVIII^e siècle, les minéralogistes ont eu recours à des balances hydrostatiques, fondées sur le principe d'Archimède, pour identifier les nouveaux métaux récemment découverts dans les mines suédoises, comme le nickel, le manganèse, le tungstène et le titane. Enfin les méthodes d'analyse quantitative sont systématiquement utilisées pour étudier les eaux minérales et identifier les gaz que les chimistes récupèrent et collectionnent dans les années 1760-1770. C'est la balance qui a permis à Joseph Black de découvrir le dioxyde de carbone, en 1756. Comme un détective guidé par un indice, la diminution de poids de la *magnesia alba* (carbonate de magnésium) ou de la pierre à chaux, lors du chauffage, il a deviné qu'un gaz s'était échappé qui était contenu, fixé, auparavant dans ces corps et qu'il a baptisé pour cette raison "air fixe". Si avant Lavoisier, la balance fonctionne comme un instrument d'exploration aussi bien que d'essai et

de contrôle, en quoi la balance de Lavoisier (*figure 1*) serait-elle révolutionnaire?

De la précision

Lavoisier introduit d'abord une amélioration technique. Il a fait construire par deux artisans parisiens des balances plus sophistiquées que les balances courantes et mieux adaptées aux différents usages¹. Si Lavoisier a pu commander aux meilleurs artisans parisiens, Mégnié et Fortin, des instruments de mesure plus performants que ceux de ses contemporains, c'est parce qu'il dispose de revenus importants. La charge, très lucrative, de fermier général, celle-là même qui causera la perte de Lavoisier, conditionne pour une part la révolution chimique.

Mais plus encore que les performances techniques d'une balance, c'est l'environnement instrumental dans lequel prend place la balance qui lui donne sa pleine signification. Lavoisier a équipé son laboratoire personnel, installé à l'Arsenal, de toutes sortes d'instruments. En plus des "machines électriques", thermomètres et baromètres déjà largement répandus dans les cabinets de physique expérimentale, Lavoisier a fait construire des gazomètres, pour mesurer le volume et le poids des gaz dégagés ou absorbés pendant les réactions chimiques : appareils aussi indispensables que la balance en une époque où la chimie est centrée sur l'identification des gaz et de leur rôle chimique.

* Université Paris X-Nanterre, 200 av. de la République, 92001 Nanterre.
Tél. : (1) 40.97.75.17. Fax : (1) 40.97.75.14.
B. Bensaude-Vincent est l'auteur de *Lavoisier, mémoires d'une révolution*, Flammarion, 1993

Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire

Lavoisier ne se contente pas de commander aux fabricants des instruments de mesure, il cherche également à en concevoir de nouveaux. Dans sa jeunesse, il travaille à perfectionner le thermomètre et l'aréomètre, ou pèse-liqueur, qu'il utilisera aussi bien pour ses recherches en chimie qu'à la ferme générale pour détecter les fraudes sur les alcools. L'originalité de ce travail sur l'aréomètre réside dans la conception de deux types d'appareils bien différents, l'un pour les mesures en laboratoire, visant la précision maximale, l'autre pour le commerce et les voyages visant plutôt la commodité. Plus tard, avec Laplace, il conçoit le calorimètre, instrument plus ingénieux qu'efficace, pour mesurer la quantité de chaleur absorbée ou dégagée par une réaction chimique d'après la quantité de glace fondue autour de l'enceinte de réaction. Bref, la balance est l'élément d'un ensemble de techniques métriques qui devaient transformer profondément les pratiques expérimentales des chimistes.

La méthode gravimétrique

La deuxième originalité de Lavoisier réside dans l'usage qu'il fait de la balance. Avant toute expérience, Lavoisier pèse tout le montage, appareils et réactifs, puis chaque élément séparément ; après l'expérience, Lavoisier pèse à nouveau le tout et chaque partie. Cette méthode des bilans impose des manipulations, souvent longues et fastidieuses, les pesées répétitives exigeant beaucoup de temps - pour attendre que le fléau retourne à la position de repos - de patience et de minutie.

L'analogie entre cette méthode et les bilans comptables, que Lavoisier effectue quotidiennement dans son métier de fermier général, est évidente. Chimiste et financier, ce simple détail biographique livrerait-il la clé de la révolution chimique ? Il pourrait à la rigueur éclairer les pratiques chimiques de Lavoisier mais ne saurait rendre compte de leur succès ni de la transformation consécutive de toute la chimie. Si, vers la fin du XVIII^e siècle, la balance prend une telle importance

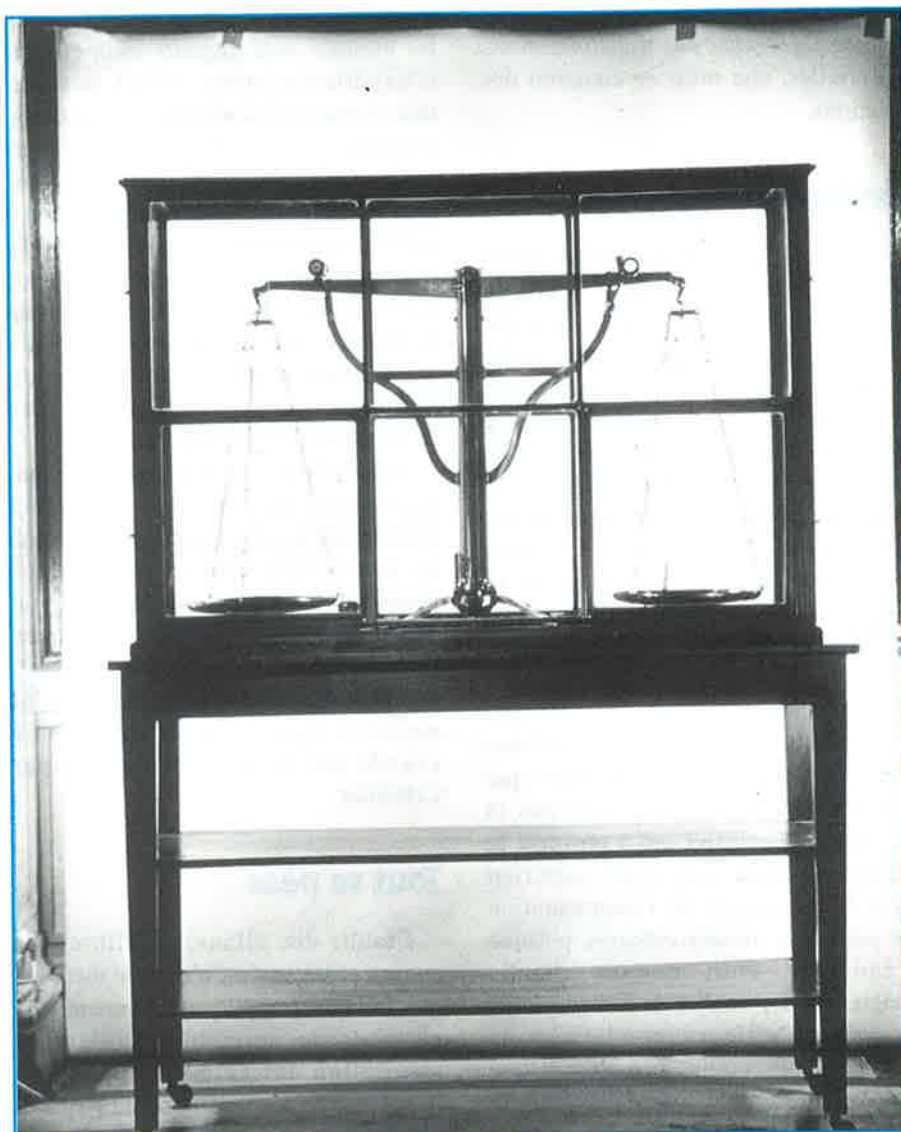


Figure 1 - Balance de Lavoisier, Musée des Arts et Métiers-CNAM, Paris (cliché J.-C. Wetzel)

dans la chimie, c'est parce qu'elle mobilise des schémas théoriques et tout un milieu intellectuel.

La méthode des bilans repose sur un présupposé, que les manuels scolaires désignent abusivement comme "loi de Lavoisier", le principe de conservation de la matière. En réalité, ce principe, déjà à l'œuvre dans la physique atomiste de l'Antiquité, est admis comme un postulat implicite par tous les savants. Loin de chercher à établir la conservation de la matière comme une loi générale, Lavoisier l'admet comme une vérité de bon sens et ne formule le principe qu'en passant, dans un chapitre du *Traité élémentaire de Chimie* sur la fermentation vineuse.

Pourquoi, dès lors, accorder à Lavoisier la paternité d'un principe si commun qu'il va presque sans dire ?

Lavoisier lui prête un statut opérationnel : c'est « l'art de faire des expériences en chimie » qui oblige à le poser. *"Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celle de la nature ; et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie : on est obligé de supposer dans toute une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse"* [3]. Ce principe n'est plus comme dans l'Antiquité la condition pour penser à la fois l'être et le devenir, la permanence

et le changement. Il conditionne une lecture algébrique des transformations matérielles, une mise en équation des réactions.

Théâtre de la preuve

Mais la méthode des bilans n'est pas seulement une pratique expérimentale, fondée sur un postulat général. C'est aussi un style d'argumentation que Lavoisier impose en chimie. Sur chaque problème théorique, en chaque controverse, Lavoisier invoque le jugement de la balance. Les résultats gravimétriques sont, pour lui, la seule preuve irréfutable de la formation ou de la disparition d'une substance lors d'une réaction. Ainsi la balance disqualifie-t-elle les lectures qualitatives de l'expérience.

Et pourtant le jugement de la balance n'est pas toujours aussi concluant que le prétend Lavoisier. Ce n'est pas la balance de Lavoisier qui a renversé la chimie de Stahl. Elle n'est pour rien dans la découverte de l'augmentation de poids des métaux calcinés, puisque l'anomalie était connue depuis longtemps. Le verdict de la balance ne pouvait d'ailleurs condamner le phlogistique comme être chimérique sans condamner pareillement le calorique ou la lumière, deux impondérables que Lavoisier classe parmi les substances simples.

De plus, une étude attentive des registres de laboratoire révèle une certaine manipulation des mesures [4] : d'une part, Lavoisier pêche par excès de précision en consignait des résultats avec plus de décimales que n'en permettent les marges d'erreur de ses expériences ; d'autre part, il lui arrive à plusieurs reprises d'arranger les résultats à sa guise pour équilibrer les entrées et les sorties. Or il ne le signale pas dans ses publications, sauf dans le cas de l'expérience sur l'eau.

Les chimistes anglais n'ont pas manqué de critiquer la précision numérique des résultats de Lavoisier qu'ils considèrent comme un leurre, dissimulant maladroitement la faiblesse de ses arguments. Un chimiste éprouvé connaît les aléas de toute expérience : un tube se brise, un peu d'air fuit des

enceintes où l'on veut le confiner... bref les mesures sont toujours «aux erreurs d'expérience près». Aussi la force démonstrative des résultats de Lavoisier est-elle contestée par William Nicholson (1753-1815), directeur d'un journal influent, auteur de plusieurs traités, qui déclare, au plus fort de la querelle sur le phlogistique, que Lavoisier ne se contente pas d'utiliser la balance mais augmente le poids de ses résultats au moyen d'un cortège de nombres qui excède mille fois l'exactitude de l'expérience.

La confiance - parfois irréaliste - que Lavoisier accorde aux résultats gravimétriques est donc à resituer dans un mouvement général de développement de la mesure, qui caractérise le Siècle des lumières, particulièrement en France. Traiter tout sujet par le calcul, quantifier la nature et la société, tout mettre en équation, c'est un leitmotiv scandé par Condorcet comme par Condillac.

Tout se pèse

Établir des bilans, équilibrer les entrées et les sorties, c'est une méthode que Lavoisier applique également à la physiologie animale. Étudiant la respiration des animaux, Lavoisier imagine avec son collaborateur Armand Seguin (1763-1835) une sorte d'unité de mesure de tout travail animal, permettant d'évaluer «à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose» [5].

Lavoisier retraduit ainsi en termes quantitatifs une notion qualitative d'économie de la nature chère aux naturalistes du XVIII^e siècle, aussi bien Linné que Buffon. La balance de la nature devient alors un principe idéal, à la fois normatif et régulateur, que l'on pourrait formuler en ces termes : tout - le minéral, le végétal, l'animal, le moral, le social - doit devenir commensurable. Ainsi un thème familier aux naturalistes est-il retraduit par les chimistes, qui vont utiliser ce

principe pour étendre leur domaine d'action à l'agronomie. Par exemple, la chimie agricole, promue par Liebig dans les années 1840, reposera sur ce principe qu'il faut apporter à la terre tout ce qu'on lui enlève, c'est à dire rééquilibrer sans cesse les entrées et les sorties.

Lavoisier n'est pas seulement financier par métier, il a écrit plusieurs mémoires d'économie qui sont largement inspirés par le système des physiocrates. Or dans ces textes, rassemblés dans le tome VI des *Œuvres*, on retrouve le modèle de la balance. Le corps politique y est présenté comme un ordre naturel, extérieur à l'homme, soumis à des lois et, comme dans le célèbre *Tableau économique* de Quesnay (1758), l'activité économique est décrite en termes de flux ou de circulation de matière. L'argent est un fluide qui circule et qui tend à se mettre à niveau quelle que soit la configuration. Tout le mécanisme économique présuppose que la quantité de matière en circulation est constante. La balance du commerce comme celle des réactions chimiques est régie par un principe de conservation de la matière. Aux humains, Lavoisier prête une marge de manœuvre extrêmement réduite. *«Puisque tous les efforts humains ne peuvent parvenir à troubler l'équilibre de la balance du commerce, puisqu'un État même ne pourrait la faire pencher que pour quelques instants»*, il lui reste seulement deux mesures à prendre : *«faire pencher en sa faveur la balance des hommes»* en augmentant la population ; et *«faire écouler le trop-plein de l'argent qui pourrait s'engorger et qui éteindrait l'industrie»* [6].

Dans le silence du laboratoire

Révolutionnaire en physique et en chimie, Lavoisier se montre plutôt réformiste en politique. Ses mémoires économiques font souvent écho aux idées développées par les grands administrateurs qui ont essayé de sauver l'Ancien Régime. Comme Turgot, il préconise l'abolition des corporations et des jurandes qui

défendaient les intérêts de ces corporations, la suppression des contraintes administratives qui paralysent la production agricole ou le commerce des bestiaux et suggère une réforme fiscale visant à simplifier et unifier le régime des impôts. Dans les années 1780, sous l'influence d'un autre administrateur, zélé porte-parole des physiocrates, Pierre Samuel Du Pont de Nemours (1739-1817), Lavoisier songe à réformer l'agriculture, reconnue comme la source de toutes les richesses nationales. Collaborant avec Du Pont dans le Comité d'agriculture de juin 1785 à septembre 1787, Lavoisier rédige le manuscrit du rapport, à usage interne, "Sur les encouragements qu'il est nécessaire d'accorder à l'agriculture", lu à la séance du comité le 31 juillet 1787. Le rapport dénonce l'incurie du gouvernement à l'égard de la classe la plus indigente du peuple, et n'hésite pas à rapporter le marasme de l'agriculture française aux privilèges dont jouissent certaines classes : arbitraire de la taille, corvées humiliantes, dîmes ecclésiastiques, gabelle, banalité des moulins, droits de parcours [7]. Ce texte assez hardi montre que Lavoisier est prêt à condamner les privilèges de la noblesse et du clergé. Mais il le fait moins au nom des valeurs sacrées d'égalité ou de fraternité que parce qu'il cherche, en agriculture, comme en chimie, à simplifier, à idéaliser la situation. Le même impératif de rationalisation qui permet en chimie de réussir les expériences doit permettre la réussite économique en dépouillant le système des complications jugées inutiles ou nuisibles.

Pour Lavoisier, la politique et la justice sociale sont affaires de calcul, dans le silence d'un cabinet plutôt que dans le bruit et la fureur des assemblées. En 1792, Louis XVI propose à Lavoisier de devenir ministre des Contributions publiques. Le refus de Lavoisier pourrait certes se justifier par un jugement clairvoyant sur la chute prochaine du roi. Mais plus que des circonstances, il relève de sa conception du politique. Le ministère ne pouvait convenir à Lavoisier : s'engager dans un conflit, pencher pour les uns ou pour les autres, c'est contradictoire avec l'idéal de la

balance. L'action politique fait basculer le monde de la pensée, de la pesée. Faut-il s'étonner alors que la lettre de refus adressée à Louis XVI se réfère à la balance? "Je ne suis ni Jacobin, ni Feuillant. Je ne suis d'aucune société, d'aucun club. Accoutumé à tout peser au poids de ma conscience et de ma raison ; jamais je n'aurais pu consentir à aliéner mes opinions à aucun parti" [8]. C'est le modèle statique de la balance qui dévalorise les fonctions ministérielles. Disciple de d'Alembert, Lavoisier rapporte toute la dynamique à un problème de statique et les secousses politiques lui apparaissent comme des effets de surface dissimulant un jeu d'équilibre accessible au sage qui calcule. Le ministre évolue dans une sphère d'agitation stérile que le physicien mesure, évalue : "Il n'est pas indispensable, pour bien mériter de l'humanité et payer son tribut à la patrie, d'être appelé à ces fonctions publiques et éclatantes qui concourent à l'organisation et à la régénération des empires. Le physicien peut aussi, dans le silence de son laboratoire et de son cabinet, exercer des fonctions patriotiques ; il peut espérer par ses travaux, de diminuer la masse des maux qui affligent l'espèce humaine ; d'augmenter ses jouissances et son bonheur, et n'eût-il contribué, par les routes nouvelles qu'il s'est ouvertes, qu'à prolonger de quelques années, de quelques jours même, la vie moyenne des hommes ; il pourrait aspirer aussi au titre glorieux de bienfaiteur de l'humanité" [9]. Bref, le savant concurrence le politicien dans sa mission sociale. La fonction bienfaitrice se trouve déplacée des ministères vers les cabinets de physique.

La balance est donc plus qu'un instrument de mesure, plus qu'une pratique de comptable, c'est un modèle général de pensée, fondé sur un principe de conservation de la quantité, qui inspire le travail de Lavoisier en chimie, en physiologie, en économie, et en politique. Si à la fin du XVIII^e siècle la balance a pu remplacer l'alambic comme symbole de la chimie, c'est parce qu'elle incarne un concept général d'équilibre qui agit alors comme une sorte de médiateur entre science et politique, entre chimie et société.

Références

- [1] Dumas, *Leçons sur la philosophie chimique*, 1837, p. 109-111
- [2] voir en particulier, Maurice Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, PUF, 1953 ; Lavoisier, *théoricien et expérimentateur*, Paris, PUF, 1955.
- [3] Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie*, éd. Cuchet, 1789, p. 140-141 ; *Œuvres*, 1864, t. I, p.101.
- [4] Holmes F.L., *Lavoisier and The Chemistry of Life : An Exploration of Scientific creativity*, Madison, University of Wisconsin Press, 1985, p.232-235.
- [5] Lavoisier et Seguin, *Sur la respiration des animaux* (lu le 13/11/1790, *Œuvres*, 1864, t.II, p. 697.
- [6] Lavoisier, *Œuvres*, t.VI, p. 116.
- [7] Lavoisier, *Œuvres*, t.VI, p. 217-219.
- [8] Cité par Grimaux, *Lavoisier*, F. Alcan, 1888, p. 215..
- [9] Lavoisier, *Œuvres*, II, p. 703.

Notes

¹ Sa balance pesant des charges d'environ 10 kg a une sensibilité de l'ordre de 20 mg ; une autre, construite par Mégnié, exposée au Musée National des Techniques, est sensible à 5 mg pour une portée de 600 g ; enfin, une balance de l'ordre de 4 g a une sensibilité de 0,1 mg.

Lavoisier et l'industrie chimique en France

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Jean-Pierre Poirier* docteur en médecine et docteur en science économique

Fermier général, Lavoisier est responsable de la collecte des impôts indirects, gabelle, aides et traites. Pendant les 23 années passées à la Ferme générale, il est l'interlocuteur des contrôleurs généraux des Finances, Turgot, Necker, Calonne, Brienne, et développe une pensée d'économiste à mi-chemin entre mercantilisme et libéralisme physiocratique.

Cette vision s'enrichit bientôt d'une expérience d'exploitant agricole, de banquier à la Caisse d'Escompte, de grand commis de l'État au Comité d'administration de l'Agriculture et à la Trésorerie nationale.

On attend d'un tel homme qui vient de lancer la chimie sur les voies de la modernité des interventions spectaculaires dans le développement de l'industrie chimique en France. Cet organisateur né possède en effet l'ambition et le sens pratique nécessaires à la création d'entreprises ; sa fortune, ses contacts permanents avec le monde des décideurs lui en donnent les opportunités ; sa méthode de gestion, fondée sur les comptes

*67, rue de Varenne, 75007 Paris. Tél. : (1) 45.48.62.49.

J.-P. Poirier est l'auteur de *Lavoisier*, éditions Pygmalion/Gérard Watelet, Paris, 1993. Il est membre du Comité Lavoisier de l'Académie des sciences.

Pour la signification des termes anciens, consulter le glossaire.

exacts et les bilans équilibrés, peut en assurer le succès.

Et pourtant ses nombreuses incursions dans les applications de la chimie restent épisodiques, parcellaires, interrompues et finalement sans lien avec ses conceptions théoriques. S'il utilise à la Commission du Tabac ses compétences d'analyste, il ne réussit à la Régie des Poudres ni la synthèse du salpêtre ni la mise au point de la poudre au chlorate de potasse ; il s'intéresse au procédé de blanchiment des toiles par le chlore et à la production en grand d'hydrogène pour gonfler les aérostats, mais ne participe pas aux efforts de Nicolas Leblanc (1742-1806) et de Jean Antoine Chaptal (1756-1832) pour produire de la soude.

La Commission du Tabac

Dès 1758, il est *tourneur*¹ à la Commission du Tabac de la Ferme générale, chargé de réprimer la contrebande. Ses compétences de chimiste lui permettent de déceler une fraude fréquente des détaillants : l'addition de cendres que révèle l'effervescence provoquée par l'acide sulfurique. Plus tard, il veille à améliorer la productivité des manufactures de tabac, importe du tabac de Virginie, met au point la technique de râpage du tabac à priser. La fabrication du tabac exige une *mouillade* ou humidification, souvent source de fraudes ; Lavoisier définit une norme fixant à 18 % la quantité d'eau qu'il est licite d'ajouter, mais ne parvient pas à éviter la mouillade abusive que pratiquent les détaillants.

La Régie des Poudres et Salpêtres

En 1775, Turgot remplace la Ferme des Poudres, compagnie privée coûteuse et inefficace, par une Régie plus facile à contrôler, qu'il confie à Lavoisier. Il doit fabriquer cinq qualités de poudre, toutes composées du même mélange : 75 % de salpêtre, 12,5 % de charbon et 12,5 % de soufre.

Ce qui manque le plus à la France, c'est le salpêtre ou nitre : elle en produit 1.600.000 livres par an, mais les besoins atteignent le double.

Lavoisier développe le ramassage des matériaux de démolition, l'emploi de moulins mus par des chevaux pour pulvériser les pierres, la production de salin² et de potasse. Il consulte Benjamin Franklin (1706-1790), envoie des techniciens aux Indes Orientales, principal pays exportateur, prospecte lui-même le sud-ouest de la France.

En revanche, ses recherches sur la composition du salpêtre et sur le mécanisme de la détonation de la poudre ne progressent guère ; ses tentatives pour réaliser la synthèse du salpêtre à partir d'acide nitrique échouent.

Les intérêts de la Régie passent même avant le développement des industries chimiques : John Holker (1719-1786) à Rouen, Léonard Alban (1740-1803) à Javel et Chaptal à Montpellier se voient refuser le salpêtre nécessaire à la fabrication d'acide sulfurique [1]. Les importations d'alun et de soude artificielle en provenance d'Égypte, d'Espagne, d'Irlande, d'Écosse, en seront prolongées d'autant.

On ne voit guère ici de lien entre l'attitude de Lavoisier et les aspects théoriques de la révolution chimique.

Les nitrères artificielles

A la Régie des Poudres, il se préoccupe pourtant d'accroître la production de salpêtre et tente d'intéresser les investisseurs privés à la création de nitrères artificielles. Son *Instruction sur l'établissement des nitrères*, en 1777, leur donne des directives très détaillées sur la construction des hangars, la sélection des terres salpêtrées, l'agencement des couches successives de terres mêlées de cendre, de fumier, de matières en putréfaction, leur arrosage par le purin et les eaux usées, leur lessivage par la potasse, la mesure de leur titre et la cristallisation du salpêtre.

Il calcule pour eux le bénéfice d'une nitrère de dix hangars : l'investissement initial est de 32.900 livres, le coût de fonctionnement annuel de 7.000, le chiffre d'affaires de 12.000 ; le bénéfice annuel - 5.000 livres - représente un peu plus de 15 % de la mise de fonds.

Seuls quelques aristocrates et banquiers osent prendre des risques ; l'une des rares tentatives est celle du duc de La Rochefoucauld-Liancourt, ami de Lavoisier ; les bourgeois préfèrent les charmes de l'agiotage et les placements fonciers qui confortent leur statut social. Les seules nitrères rentables seront celles créées par la Régie.

Poudreries et raffineries

La régie sous-traite la plus grande partie de la production des matières premières, mais assure elle-même le raffinage du salpêtre et du soufre et la fabrication de la poudre [2].

Lavoisier recrute quarante commissaires régionaux, sélectionnés pour leurs compétences techniques et leurs capacités de gestionnaires, construit de nouvelles manufactures, des raffineries de salpêtre, des moulins à poudre, des magasins, organise des cours de physique, de chimie et de mathématiques pour le personnel, renforce les contrôles de qualité.

Ses efforts portent leurs fruits ; à la veille de la Révolution, la Régie

emploie 1.100 ouvriers dans 17 poudreries, 13 raffineries et 20 entrepôts. La production de salpêtre passe de 1.700.000 livres en 1775 à 3.500.000 en 1787. Le stock de poudre atteint 5 millions de livres. Les économies réalisées représentent 28 millions de livres. La poudre française est la meilleure d'Europe ; sa portée passe de 150 mètres à 260 mètres et les marins anglais se plaignent que la leur soit moins bonne. Une partie de la production est exportée vers la Hollande, l'Espagne et l'Amérique, destinée aux insurgés. Cette réussite doit plus aux talents d'administrateur et de gestionnaire de Lavoisier qu'à ses contributions scientifiques.

L'industrie et les sciences

"On sait, aujourd'hui, que la force et la puissance des nations ne résultent pas seulement de la fertilité de leur sol, de son étendue, de sa population, de la richesse et de la liberté des individus. La puissance des nations se compose sans doute de tous ces éléments, mais c'est à l'industrie qu'il appartient de les mettre en œuvre et d'en faire un tout organisé. L'industrie est la vie d'un État civilisé ; sans elle, les terres demeureraient sans culture, les pâturages sans bestiaux ; sans elle, la laine de nos troupeaux ne se transformerait pas en étoffes précieuses destinées à nous vêtir ; en un mot, il n'existerait de fabriques d'aucune espèce. Mais cette industrie qui donne le mouvement à tout, qui vivifie tout, emprunte elle-même sa force d'une impulsion première, et ce sont les sciences qui la lui donnent [...].

Puisque dans l'état de perfection où sont portés aujourd'hui les procédés des arts, les grandes fabriques ne peuvent soutenir la concurrence qu'avec de grandes machines ; puisqu'une partie des arts, notamment celui de la teinture, sont continuellement obligés de réclamer les secours de la chimie, n'est-il pas évident qu'on ne peut espérer de succès, de nation à nation, si l'on ne s'occupe sans cesse de perfectionner les sciences mathématiques, physiques et chimiques qui doivent servir de guides aux fabricants et aux artistes dans leurs constructions et dans leurs préparations".

Lavoisier, « Observations sur l'Académie des sciences », 17 juillet 1793, *Œuvres*, tome IV, p. 616-617.

La poudre au chlorate

En 1787, Claude Berthollet (1748-1822) propose une technologie nouvelle, la poudre au *muriate suroxygéné de potasse* ; les premiers essais en laboratoire font espérer que la portée des armes à feu sera doublée ; Lavoisier organise une expérience en grand à la poudrerie d'Essonne, mais une violente explosion tue deux personnes ; Lavoisier et sa femme y échappent par miracle. Si Berthollet affirme dès le lendemain sa foi dans le nouvel agent oxydant, Lavoisier abandonne ; les essais ne reprendront que lors de la mobilisation de l'an II.

Un jeune employé, Éleuthère-Irénée Du Pont de Nemours (1771-1834), fils de Pierre-Samuel (1739-1817), le physiocrate et constituant, sauvegardera le savoir-faire développé par Lavoisier dans la production de poudre classique. Arrivé le 1er janvier 1800 à New York, il achète sur les bords de la rivière Brandywine, dans le Delaware, un terrain où il installe une fabrique de poudre qu'il prévoit d'appeler *Lavoisier Mills* [3].

L'entreprise portera finalement le nom de *Du Pont de Nemours et Cie*. La fourniture de poudre pendant les deux guerres mondiales et la conquête de l'énergie nucléaire contribueront à son prodigieux essor.

Les filatures et ateliers de blanchiment

Grand propriétaire terrien dans le Blésois, Lavoisier veut moderniser l'agriculture en France et lui trouver des débouchés commerciaux et industriels ; il anime, au ministère des Finances le Comité d'administration de l'Agriculture qui souhaite freiner les importations de coton anglais ; sous son impulsion, la culture du lin et la création de filatures modèles sont encouragées. Le prix du fil étant proportionnel à sa minceur, il détermine les normes à respecter et fait tisser, rue du Montparnasse, "avec le lin un grand nombre d'étoiles qui n'ont encore été faites qu'en coton ou en soie ; des satins, des croisés, des ras de Saint-Cyr, des basins et toutes étoffes qui ne peuvent manquer d'avoir un

grand débit" [4]. On y fait aussi de la toile à voile en tissu croisé qui retient le vent beaucoup mieux que la toile ordinaire.

Utilisant le procédé de décoloration de la toile écrue par le chlore, mis au point par Berthollet, Lavoisier installe en 1786 un atelier de blanchiment des toiles, à côté de la fabrique de toile fine. Vingt actionnaires se partagent les 30 actions de 300 livres émises pour constituer la nouvelle société. La Régie des Poudres et Salpêtres fournira le chlore qu'elle extrait du sel, sous-produit du raffinage du salpêtre ; elle le cédera à un prix de faveur : 12 sols la livre au lieu de 45.

Cette entreprise expérimentale n'aura ni les moyens ni le temps d'atteindre l'échelle industrielle.

Les montgolfières et les charlières

Les aérostats sont, en 1783, la grande affaire du moment. Leur fabrication relève de la chimie par deux aspects : les enveloppes et enduits imperméabilisants et la production industrielle d'hydrogène ; tous deux vont bénéficier des interventions de Lavoisier.

La simplicité d'emploi des montgolfières gonflées à l'air chaud leur donne, à ses yeux, de grands avantages. Mais les ballons de Jacques Charles (1746-1823), gonflés à l'hydrogène, occupant un volume moindre pour une même charge, ne demandent aucun travail aux passagers et seraient mieux adaptés aux observations météorologiques [5].

Le pouvoir royal, prévoyant des applications militaires, a créé la *Commission des aérostats*. Lavoisier donne à ses membres quatre missions prioritaires : rendre l'enveloppe plus légère et imperméable ; faire monter ou descendre les ballons à volonté, sans jeter de lest ni perdre de gaz ; contrôler leur direction à l'aide de rames, de voiles ou d'un moteur à vapeur ; enfin, produire en grand l'hydrogène pour les gonfler. Il vient de mettre au point avec Meusnier de La Place (1754-1793) la méthode de décomposition de l'eau en la faisant passer à l'état de vapeur dans un canon de fusil doublé de cuivre et

porté à l'incandescence. C'est la technique qu'il emploie pour sa grande expérience d'analyse et de synthèse de l'eau. Recherche fondamentale et recherche appliquée sont ici étroitement liées, mais il laissera à d'autres le développement industriel du procédé.

La soudière d'Hassenfratz

La soude³ nécessaire à la fabrication du verre, du savon, du papier, des teintures est extraite en France des cendres végétales d'origine marine, varech et salicorne ; mais la méthode ne produit guère plus de 15 % de carbonate de sodium et, sur les 25 millions de livres consommées chaque année, 18 millions doivent être importées.

Déjà en 1737, Duhamel du Monceau (1700-1782) avait suggéré de produire la soude à partir du sel marin. En 1784, l'Académie des sciences reprend l'idée et met le sujet au concours. Guyton de Morveau (1737-1816), Chaptal, Jean Antoine Carny (1751-1830) testent des procédés qui, pour la plupart, passent par le sulfate de sodium, que l'addition de charbon transforme en carbonate. En 1790, Jean Henri Hassenfratz (1755-1827), l'assistant de Lavoisier, tente à son tour avec Carny et Guyton de Morveau de créer une fabrique de soude ; il réalise différents essais "*dans plusieurs laboratoires et en particulier dans celui de M. Lavoisier*" ; il tient son patron informé des premiers résultats, mais "*ne peut déterminer le rapport du bénéfice avec certitude*" [6]. On peut supposer que Lavoisier veut connaître la validité et la rentabilité du procédé avant d'apporter son soutien financier. Les investisseurs resteront sourds aux appels lancés par Hassenfratz dans le *Journal de la Société de 1789*.

Pendant ce temps, Nicolas Leblanc innove en ajoutant, à la réaction, de la craie en proportion définie⁴. Il obtiendra le prix de l'Académie en 1789, un brevet en 1791, mais la fabrique de Saint-Denis sera emportée par les péripéties de la Révolution. Lavoisier sera resté étranger à ces deux projets qui illustrent pourtant sa nouvelle chimie.

L'impression des assignats

Au début de l'année 1793, Lavoisier consacre trois mois de son activité au Bureau de Consultation des Arts et Métiers à la fabrication des assignats. S'appuyant sur son expérience de banquier, il définit les principes qui permettant d'éviter la contrefaçon des billets : les assignats doivent porter des signes identifiables par tous ; ils doivent être parfaitement identiques entre eux ; leur fabrication doit associer le plus grand nombre possible de techniques différentes ; on doit choisir les meilleurs artistes et les plus difficiles à imiter.

Il compare la qualité d'échantillons de papier fournis par sept fabricants, commande à chacun une qualité de papier particulière pour une catégorie d'assignats, étudie les techniques de coloration chimique du papier, examine les procédés de filigrane, de gravure et de typographie.

On le voit ainsi impliqué dans un grand nombre de tentatives qui annoncent l'essor de la chimie industrielle. Sa curiosité intellectuelle, son caractère pragmatique, son rôle d'expert à l'Académie des sciences, son désir sincère de promouvoir le développement économique, ses ressources financières enfin sont autant de motifs qui expliquent ces interventions multiples. Il rêve d'une France moderne, qui donnerait leur place aux trois grands secteurs de la vie économique : agriculture, commerce et industrie. Grâce aux richesses ainsi créées et à une fiscalité rénovée, l'État pourrait aider au développement des régions, créer des services publics, prendre en charge l'aide sociale. Les données chiffrées, les statistiques et les méthodes comptables modernes sont les instruments qu'il met au service de cette politique.

Mais davantage organisateur et gestionnaire que réalisateur, il préfère intervenir dans des commissions et instances scientifiques, académiques ou administratives que sur le terrain. Plus qu'un entrepreneur individuel, c'est un technocrate prêt à lancer des programmes industriels au nom de l'État. Son domaine à lui, c'est la science pure, la science fondamentale, celle qui convient à un académicien. Il

laisse aux provinciaux, Guyton de Morveau et Chaptal, le soin de mettre en œuvre les applications de la révolution chimique : fabriques d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique, de carbonate de sodium, d'hypochlorites...

Il sait évaluer en expert la valeur d'un projet, son utilité économique et sociale, mais il ne dépasse pas le stade de la maquette et s'implique rarement dans le financement ou la réalisation. En bon serviteur de l'État, il attend tout de celui-ci ; or le Trésor royal n'a pas les moyens d'une telle politique. Les capitalistes, on l'a vu, sont timorés ; Lavoisier ne fait pas exception. Sa fortune considérable est surtout investie dans des immeubles à Paris et des terres en Beauce (son revenu foncier atteint plus de 100.000 livres en 1791, soit 20 millions de francs 1994), le reste en actions de la Caisse d'Escompte et de la Compagnie des Indes.

Conclusion

Le bilan des interventions directes de Lavoisier dans le développement de l'industrie chimique en France reste donc limité. Elle lui doit pourtant beaucoup ; sa contribution, théorique et technique, revêt quatre aspects.

C'est avant tout l'apport de la nouvelle chimie, les premières bases de la chimie organique, la nouvelle méthode de nomenclature chimique.

C'est aussi une démarche scientifique : "Expérimentation méthodique, quantitative, avec contrôles répétés et mesures précises, toutes ces pratiques mises en scène dans les Mémoires de Lavoisier vont être systématiquement développées par ses successeurs dans leurs travaux industriels" [7].

C'est encore un apport technologique : les balances de précision, thermomètres, baromètres, aréomètres, gazomètres, calorimètres qu'il fait construire pour son laboratoire deviendront indispensables aux futurs industriels [8].

Ses dernières contributions enfin, la réforme des poids et mesures, le système métrique, la division décimale vont compléter cet arsenal et assurer le développement de l'industrie chimique dans le monde entier.

Références

- [1] Chaptal J. A., *De l'Industrie Française*, Paris, Antoine-Augustin Renouard, **1819**, tome II, p.64.
- [2] Bret P., "La Régie des Poudres et Salpêtres, 1775-1792", in Lavoisier, *Correspondance*, vol.V, 1787-1788, Paris, Académie des sciences, **1993**, p. 262.
- [3] Du Pont B. G., *Correspondance of Pierre and Irénée du Pont*, University of Delaware Press, **1926**.
- [4] Pigeonneau H., de Foville A., *L'administration de l'agriculture au Contrôle général des finances*, Paris, Guillaumin, **1882**, p. 310.
- [5] Lavoisier A. L., *Œuvres*, tome III, p. 734.
- [6] Grison E., Hassenfratz, Carny et Lavoisier dans la compétition pour la fabrication de la soude artificielle en 1790 " *History and Technology*, **1993**, vol. 10, p. 179-197.
- [7] Bensaude-Vincent B., *Lavoisier*, Flammarion, Paris, **1993**, p. 340.
- [8] Bensaude-Vincent B., Stengers I., *Histoire de la chimie*, éd. La Découverte, Paris, **1993**, p.121.

Bibliographie

- Aftalion Fred, *Histoire de la chimie*, Masson, Paris, **1988**.
- Anastasi Auguste, *Nicolas Leblanc, Sa vie ses travaux et l'histoire de la soude artificielle*, Hachette, Paris, **1884**.
- Butel Paul, *L'économie française au XVIIIe siècle*, Sedes, Paris, **1993**.
- Chaussinand-Nogaret Guy, *Gens de finance au XVIIIe siècle*, Bordas, Paris, **1972**.
- Daumas Maurice et coll., *Histoire générale des techniques*, PUF, Paris, **1962-1979**, (5 vol.).
- Gillispie Charles Coulston, *Science and polity in France at the end of the old regime*, Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, **1980**.
- Lavoisier, *Correspondance*, fasc. I, 1768-1769, fasc. II, 1770-1775, fasc. III, 1776-1783, Albin Michel, Paris, **1955-1957-1964** ; fasc. IV, 1784-1786, Éditions Belin, **1986** ; fasc. V, 1787-1788, Comité Lavoisier de l'Académie des sciences, Paris, **1993**.
- Lavoisier, *Œuvres publiées par les soins du ministère de l'Instruction publique*, sous la direction de Dumas et Grimaux, Paris, Imprimerie Nationale, **1864-1893** (6 vol.).
- Taton René et coll. - *Histoire générale des sciences*, PUF, Paris, **1957-1964**, (4 vol.).

Notes

¹Inspecteur régional pour la Marne, la Champagne et les Ardennes.

²"Produit des cendres végétales lessivées, évaporées, desséchées et calcinées au rouge. Le salin contient, avec plusieurs sels, une quantité variable de potasse pure, ou plus ou moins chargée d'acide carbonique." Fourcroy et Vauquelin, *Chimie et métallurgie*, Encyclopédie Méthodique, Paris, Veuve Agasse, **1815**, tome VI, p. 69.

³Carbonate de sodium, à distinguer de l'hydroxyde de sodium ou soude caustique ; l'emploi du même terme soude pour les deux substances est un abus de langage

⁴Son brevet, daté du 25 septembre 1791, décrit d'abord la formation du sulfate de sodium à partir de sel marin et d'acide sulfurique, puis la production de carbonate de sodium par chauffage de ce sulfate de sodium en présence de charbon et de craie (carbonate de calcium).

Madame Lavoisier

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Jean-Pierre Poirier * docteur en médecine et docteur en science économique

Marie-Anne Pierrette Paulze naît le 20 Janvier 1758 dans une famille de riches bourgeois parisiens : son père, Jacques Paulze de Chasteignolle, directeur de la Commission du tabac à la Ferme générale, a été avocat au Parlement de Paris, procureur du Roi et directeur de la Compagnie des Indes. Sa mère, née Claudine Thoyonet et nièce de l'abbé Terray, meurt en 1771. Paulze retire sa fille, âgée de treize ans, du couvent de Montbrison où elle est pensionnaire et lui confie la charge de tenir sa maison. Cette jolie jeune fille au teint clair, aux yeux bleus, aux cheveux bruns, reçoit avec charme et autorité le Tout-Paris dans les salons de son père. Elle y rencontre Antoine-Laurent Lavoisier, membre de l'Académie des sciences et adjoint de son père à la Ferme générale.

Elle l'épouse le 16 décembre 1771. Le revenu annuel du jeune couple, installé rue Neuve-des-Bons-Enfants dans une maison proche du Jardin du Palais Royal, est de 20 000 livres

(4 millions de francs 1994), somme qui lui permet de vivre très confortablement.

En 1775, Lavoisier est nommé par Turgot directeur de la Régie des Poudres et Salpêtres et le couple vient occuper au petit Arsenal, près de la Bastille, un vaste logement comportant une grande bibliothèque et un immense laboratoire sous les combles.

L'emploi du temps est très strict : lever à 5 heures, travaux scientifiques de 6 à 9 ; puis Lavoisier passe la matinée à la Ferme générale, l'après midi à la Régie des Poudres ou à l'Académie des sciences ; le soir, après le souper, il retourne à son laboratoire de 19 à 22 heures.

Le samedi est réservé aux élèves : *"C'était pour lui, écrira Marie-Anne, un jour de bonheur ; quelques amis éclairés, quelques jeunes gens fiers d'être admis à l'honneur de coopérer à ses expériences se réunissaient dès le matin dans le laboratoire ; c'était là que l'on déjeunait, que l'on dissertait, que l'on créait cette théorie qui a immortalisé son auteur ; c'était là qu'il fallait voir, entendre cet homme d'un esprit si juste, d'un talent si pur, d'un génie si élevé ; c'était dans sa conversation que l'on pouvait juger de la hauteur de ses principes de morale"* [1].

Dans ce petit groupe, toute idée nouvelle est discutée, toute proposition de démonstration ingénieuse aussitôt testée. C'est ainsi que naît peu à peu la nouvelle théorie chimique.

Marie-Anne a pris des leçons de chimie d'abord avec Jean-Baptiste Bucquet (1746-1780), puis avec Philippe Gingembre (1764-1838) ; elle a appris l'anglais et le latin pour pouvoir traduire les ouvrages de

chimie¹, le dessin avec David pour illustrer de planches les publications de son mari. Dans le laboratoire, elle s'assoit un peu à l'écart, devant une petite table, et pendant que Lavoisier et ses collaborateurs s'affairent, elle note le protocole des expériences et les résultats chiffrés qu'ils énoncent à voix haute. Elle transcrit sur les registres de laboratoire les notes griffonnées au dos de lettres, d'enveloppes ou de cartes à jouer. Elle dessine et grave elle-même les treize planches très exactes du *Traité élémentaire de Chimie*².

Dans le laboratoire passent tous les étrangers qui comptent, Joseph Black (1728-1799), Charles Blagden (1742-1820), James Watt (1736-1819), Arthur Young (1741-1820), James Hall (1761-1832), Benjamin Franklin, Gouverneur Morris, Martinus van Marum (1750-1837), le comte de Saluces (1734-1810) et Marsilio Landriani (1751-1815), Horace Bénédict de Saussure (1740-1799). Avec tous, Marie-Anne entretient des liens très étroits et c'est souvent elle qui correspond avec eux sur les sujets scientifiques.

Joseph Priestley (1733-1804), le grand chimiste anglais et rival de Lavoisier, se rappelle avoir un peu trop parlé de sa récente découverte d'un nouveau gaz, le futur oxygène : *"J'en parlai à la table de Lavoisier où se trouvait réunie l'élite des philosophes de cette ville, leur disant que c'était une sorte d'air dans lequel une chandelle brûle beaucoup mieux que dans l'air ordinaire, mais que je ne lui avais pas encore donné de nom. Toute la société, et M. et Mme Lavoisier plus que tous les autres, exprima sa grande surprise"* [2].

* 67, rue de Varenne, 75007 Paris.
Tél. : (1) 45.48.62.49.

J.-P. Poirier est l'auteur de *Lavoisier*, éditions Pygmalion/Gérard Watelet, Paris, 1993. Il est membre du Comité Lavoisier de l'Académie des sciences.



Portrait de Lavoisier et de sa femme par Louis David (1788). Metropolitan of Art Museum, New York (photo J.E. Bulloz).

Le rôle de Marie-Anne ne se borne pas à celui d'assistante-secrétaire ; elle est le meilleur agent de relations publiques de son mari, et tous ceux qui la rencontrent rendent hommage à la vivacité de sa conversation et à son intelligence.

Comme Lavoisier, elle s'intéresse à tout : non seulement aux sciences, aux arts - ils vont souvent à l'Opéra et ne manquent aucune exposition de peinture - mais aussi à la vie politique. Il règne à Paris, sous Turgot, une atmosphère plus libre, plus légère et, dans les dîners qu'elle donne tous les lundis, Marie-Anne professe des idées avancées : elle voudrait voir la France dotée d'un régime à l'anglaise, d'une monarchie constitutionnelle qui donnerait plus de pouvoir et de liberté à la bourgeoisie

éclairée. Le salon des Lavoisier devient un lieu de réunion très fréquenté où se côtoient mathématiciens, chimistes, astronomes, philosophes, économistes, fermiers généraux et aristocrates.

On y échange des idées scientifiques, mais on évoque aussi la situation financière de la France et on rêve de relancer l'économie grâce à une réforme administrative et fiscale.

En 1780, Lavoisier acquiert dans le Blésois, à Freschines, une vaste propriété de rapport de mille hectares où il y met en œuvre ses idées d'économiste et d'agronome amateur. Marie-Anne se fait prier pour accompagner son mari. Elle préfère rester à Paris en compagnie de leurs amis. Parmi eux, Pierre Samuel Du Pont est devenu un intime.

Depuis 1776 et la chute de Turgot, ce

drôle d'homme, inventif, imaginatif, toujours enthousiaste et prêt à se lancer dans toutes les aventures, fréquente son salon, et elle s'est habituée à le voir ; elle n'est pas attirée par lui, mais sa gaieté communicative, sa verve, ses idées généreuses et peu conformistes exercent sur elle une certaine fascination. Avec lui, elle découvre un monde nouveau, celui de l'économie politique.

Sur ce terrain, Du Pont est imbattable : il a tout lu et expose avec brio les idées des physiocrates et celles des réformateurs modernes ; peu à peu, elle se laisse séduire, et il devient son amant en 1781³, pendant l'une des nombreuses absences de Lavoisier. Celui-ci connaît-il cette liaison ? En est-il affecté ? A-t-il trouvé des consolations ? Sa vie intime reste inconnue ; cet homme si actif dans le domaine des spéculations de l'esprit n'a peut-être qu'une affectivité et une sensualité peu exigeantes.

En 1788, la révolution chimique est terminée ; Lavoisier vient d'en écrire le couronnement, le *Traité élémentaire de Chimie*. Mais il se tourne maintenant vers la politique et Marie-Anne l'accompagne à Orléans au moment de l'Assemblée provinciale de l'Orléanais, comme elle le fera au moment de sa candidature à la députation aux États généraux. Pendant les premiers mois de la Révolution, elle participe à tous les moments importants, fréquente assidûment l'Assemblée nationale et suit de près l'évolution de la situation.

La vie mondaine continue pourtant à Paris ; en Juillet 1789, Gouverneur Morris, futur ambassadeur d'Amérique en France, rencontre Marie-Anne à l'Opéra et la raccompagne à l'Arsenal. Elle lui offre le thé : "*Comme elle me disait qu'elle n'avait pas d'enfant, et que je la traitais de paresseuse, elle me répondit seulement qu'elle n'avait pas eu de chance*", écrit Morris [3].

Le 5 octobre, il est invité à déjeuner. Marie-Anne est en retard : son carrosse a été arrêté par les femmes qui manifestent contre le manque de pain et vont chercher à Versailles "*le boulanger, la boulangère et le petit mitron*". Elle a été obligée de descendre de sa voiture et de les accompagner à pied pendant un long moment.

Pendant quatre années difficiles, Marie-Anne restera une collaboratrice

fidèle, partageant les responsabilités et les soucis de son mari à la Caisse d'Escompte, à la Commune de Paris, à la Trésorerie nationale.

Elle sera aussi associée aux travaux de biologie que Lavoisier mène avec Seguin et c'est elle encore qui décrira en deux aquarelles très précises les essais sur la physiologie de la respiration. Lavoisier entend démontrer qu'elle est un processus analogue à une combustion lente, qui consomme de l'oxygène, produit du gaz carbonique et de l'eau et entretient la chaleur animale. Marie-Anne décrit Seguin enfermé dans une combinaison étanche, respirant à travers un masque. La mesure des effets du repos, de la digestion, du travail musculaire sur les échanges gazeux permet à Lavoisier d'affirmer le premier l'existence d'une relation entre le travail mécanique effectué et les phénomènes biochimiques mesurables qui en sont le moteur.

C'est la naissance du concept d'énergétique biologique, étape décisive dans les progrès de la physiologie humaine et amorce des futures découvertes de Claude Bernard.

Mais les jours sombres approchent. Le 25 novembre 1793, Lavoisier est, comme vingt-sept de ses confrères fermiers généraux, décrété d'arrestation : la Convention n'admet pas les retards apportés à la liquidation des comptes de la Ferme générale. Quand les gendarmes se présentent chez lui, il est de faction à la garde nationale. Il se cache pendant trois jours, écrit au comité d'Instruction publique, n'obtient pas de réponse. Il s'affole, consulte Marie-Anne et son beau-père, quelques amis et, au lieu de s'enfuir comme certains de ses collègues, décide de se constituer prisonnier. Il est probable que Paulze a refusé l'idée de fuir et que Marie-Anne a insisté pour que son mari reste auprès de lui. Lavoisier est d'ailleurs trop respectueux de l'ordre pour s'y soustraire.

Contre largesses, Marie-Anne a obtenu l'autorisation de lui rendre visite et de lui faire parvenir des objets indispensables et de la nourriture. Elle s'ingénie à améliorer le confort des prisonniers et les aide à constituer leur dossier de défense.

Mais le 27 frimaire (17 décembre), elle fait une pénible expérience : quatre

représentants de la section des Piques viennent apposer les scellés sur ses meubles et effets, boulevard de la Madeleine ; il s'agit d'une décision du comité de Sûreté générale à l'encontre de tous les fermiers généraux.

La Convention a nommé une commission d'enquête composée d'anciens employés de la Ferme générale, qui doit établir un rapport sur les malversations et abus de biens sociaux dont les fermiers sont accusés.

Tandis que son directeur, Antoine Dupin, député de l'Aisne, prépare ses conclusions, une chance unique se présente : Pluvinet le pharmacien de la rue des Lombards, l'ami et le fournisseur de Lavoisier en réactifs de laboratoire, est le cousin de Mme Dupin, la belle-sœur du directeur de la commission d'enquête. Cette jolie femme aux mœurs légères accompagne souvent Mme de Mailly dans des soirées où Barère réunit ses amis ; Fouquier-Tinville et Chénier se disputent ses faveurs. Pluvinet échafaude le projet d'aider Lavoisier.

"Il met sa cousine dans ses intérêts, la détermine à faire des démarches très actives auprès du député Dupin qui paraît se laisser toucher et se plaint seulement de ce que Mme Lavoisier n'a pas daigné le solliciter ou ne lui a fait parler que par des aristocrates. On le presse, on lui dit que Mme Lavoisier le verra, et l'on obtient la promesse que la cause de Lavoisier sera séparée de celle de ses collègues, qu'il le fera transférer dans une autre prison, que pendant la translation on pourra tenter son évasion, et qu'enfin le rapport lui sera le moins défavorable possible.

Pluvinet fait savoir à Mme Lavoisier les bonnes dispositions dans lesquelles est Dupin, lui fait conseiller d'en profiter, de le voir et de le remercier. Mme Lavoisier se rend chez le rapporteur, y rencontre Pluvinet qu'elle ne salue seulement pas, et passe dans le cabinet de Dupin où elle n'est pas plutôt que, prenant une attitude fière et imposante, elle dit qu'elle ne vient point s'abaisser jusqu'à solliciter la pitié d'un Jacobin pour Lavoisier ; que son mari est innocent et qu'il n'y a que des scélérats qui puissent l'accuser.

Dupin, étonné d'une pareille apostrophe, veut répondre. Mme

Lavoisier l'interrompt, suit son texte, accable d'invectives tous les députés qui ont pris part à l'affaire des fermiers généraux. Elle dit qu'elle veut justice et ne demande point une grâce ; que Lavoisier se croirait déshonoré de séparer sa cause de celle de ses collègues ; qu'on voulait leur vie pour avoir leur fortune, mais que, s'ils périssaient, ils mourraient tous innocents. Mme Lavoisier disait vrai, sans doute, mais était-ce là le moment d'être si véridique ? Dupin, outré de cette dignité déplacée, congédia Mme Lavoisier et fut sourd à toutes les sollicitations qu'on employa depuis auprès de lui" [4].

On peut s'interroger sur ce qu'aurait fait Dupin si le comportement de Marie-Anne avait été différent. Dupin pouvait en effet sauver Lavoisier : il eût suffi, sans l'épargner, de disjoindre son cas. La Convention s'attaque à l'institution même de la Ferme générale plus qu'à la personne des fermiers ; certaines interventions réussirent sans que la Convention renonce à ses principes et 14 fermiers ne seront jamais arrêtés ; l'un d'eux, Verdun, sera libéré le 7 mai, et trois jeunes adjoints se verront élargir pendant le déroulement même du procès.

Les 28 fermiers généraux sont condamnés à mort par le Tribunal révolutionnaire le 8 mai 1794 et guillotines le jour même sur la place de la Révolution ; leurs biens sont confisqués. Sur les 130 millions dus à l'État par la Ferme, selon Dupin, un peu plus de 67 sont récupérés par la Convention ; la charge du solde incombe aux héritiers des condamnés⁴. Seule à son domicile, Marie-Anne vit dès lors une existence des plus précaires. Son père, son mari sont morts ; son frère se cache ; ses biens sont saisis. Le 26 prairial (14 juin), elle est arrêtée sur ordre du comité de Sûreté générale et conduite à la maison d'arrêt de la rue Neuve-des-Capucines.

Le 9 thermidor (27 juillet), c'est la chute de Robespierre. Prenant son sort en main, Marie-Anne écrit au comité révolutionnaire de sa section : *"Serai-je donc la seule qui n'éprouvera pas les effets de votre justice ? J'ai cependant tous les titres pour les obtenir ; je suis dans la classe des sans-culottes ; je n'ai point de fortune ; je suis détenue par*

ordre du comité de Sûreté générale ; mon ordre d'arrestation n'exprime aucun motif et, dans ma conscience, je n'en puis concevoir aucun ; mes opinions sont bien connues ; j'ai toujours eu dans mon cœur et j'ai professé ouvertement les principes d'une républicaine. [...] Le malheur a peu d'amis ; dans le petit nombre de ceux qui s'intéressent à moi, les uns ont leurs affaires qui les empêchent de s'en occuper, les autres sont dans l'impossibilité de me servir. A qui puis-je donc m'adresser, si ce n'est au comité révolutionnaire de ma section, pour que justice me soit rendue, ou au moins les moyens de répondre aux inculpations qui me sont faites, s'il y en a quelques-unes ? Je vous regarde donc, citoyens, dans ce moment comme mes protecteurs ; j'ose donc vous prier de vouloir bien réclamer ma liberté auprès du comité de Sûreté générale ou au moins lui demander les motifs de ma détention⁵” Le 17 août, le comité de Sûreté générale décide : “La citoyenne Lavoisier sera mise sur-le-champ en liberté et se pourvoira devant l'administration des Domaines nationaux pour faire distraire des scellés les objets qui peuvent lui appartenir dans la maison qu'elle habitait avec le citoyen Lavoisier son mari⁶”

Elle a passé soixante-cinq jours en prison.

Il lui reste à récupérer sa fortune et celle de son mari, ce qu'elle obtient en 1796 ; elle repousse Du Pont, éternel soupirant qui veut l'épouser et qui part pour l'Amérique à la fin de l'année 1799, désespéré, mais marié à Madame Poivre. Marie-Anne publie, en 1802, les *Mémoires de Chimie*, fragments d'une édition des œuvres complètes de Lavoisier commencée par lui pendant son séjour en prison ; elle se remarie en 1805 avec le comte de Rumford, savant d'origine anglaise et de caractère difficile, divorce en 1809. Elle vit ses vingt-sept dernières années dans la solitude de son hôtel particulier de la rue d'Anjou Saint-Honoré (actuelle rue Lavoisier). Mais tout ceci est une autre histoire.

Le 10 février 1836, meurt subitement, à l'âge de soixante-dix-huit ans, Marie-Anne Pierrette Paulze Lavoisier, qui a connu Louis XV, Louis XVI, la

Révolution, le Directoire, l'Empire, Louis XVIII, Charles X et Louis-Philippe.

Références

- [1] Mme Lavoisier citée par Georges Cuvier, article “Lavoisier”, in L.G. Michaud, *Biographie universelle*, Paris, 1854-1865, tome XXIII, p. 414-418.
- [2] Priestley Joseph, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air*, traduit de l'anglais par M. Gibelin, Nyon, Paris, 1777, (5 vol.). *Expériences et observations sur différentes branches de la physique avec une continuation des observations sur l'air*, Nyon, Paris, 1782, (4 vol.).
- [3] Gouverneur Morris, *A diary of the French Revolution*, Boston, 1939, vol. I, p. 230.
- [4] Cadet de Gassicourt, *Archives de l'Académie des Sciences de Paris*, fonds Lavoisier, dossier 1030.

Bibliographie

- Blatin S., «Un amour physique et chimique», *Historia*, juillet 1976, 356, p. 98-107.
- Bouloiseau M., *Bourgeoisie et Révolution, Les Du Pont de Nemours*, Paris, 1972.
- Chinard G., *Lettres de Du Pont de Nemours écrites de la prison de la Force*, Paris, A. Margraff, 1929.
- Duveen D., «Madame Lavoisier», 1758-1836, *Chymia*, 1953, p. 13-29.
- Frenilly A. F. de, *Souvenirs*, Paris, Plon, Nourrit, 1908, p. 282.
- Goupil M., «Mme Lavoisier», in Lavoisier, *Correspondance*, fasc. V, Académie des sciences, 1993, p. 173-276.
- Lavoisier Mme, *Dénonciation présentée au comité de Législation de la Convention nationale contre le représentant du peuple Dupin*.
- Smeaton W. A., «M. et Mme Lavoisier, in 1789 : the chemical revolution and the french revolution», *Ambix*, 1989, 36, 1-4.
- Smeaton W. A., «Mme Lavoisier, P.S. and E.I. Du Pont de Nemours and the publication of Lavoisier's Mémoires de Chimie», *Ambix*, 1989, 36, 22-30.

Notes

¹ Quand Lavoisier décide de publier une traduction de l'*Essai sur le phlogistique* de Kirwan, accompagnée de notes réfutant les idées de l'auteur, c'est Marie-Anne qui la réalise, aidée de Mme Picardet, l'assistante de Guyton de Morveau.

² La 11^e planche comporte cependant une erreur minime : les tuyaux qui amènent les gaz issus de la combustion des huiles sont mal raccordés aux deux ballons destinés à retenir le gaz carbonique par

barbotage dans la potasse.

³ La date semble confirmée par 2 lettres de P.-S. Du Pont à Mme Lavoisier : l'une, de 1798, évoque “22 années de connaissance, 17 d'intimité” ; et il précise “votre tendresse a cessé avec ma première magistrature ; elle a passé de la Constituante à la Législative ; l'autre, de 1815, rappelle “l'invincible” et tendre attachement qu'il lui a voué depuis 34 ans”. On peut donc penser que leur liaison a duré de 1781 à 1791.

⁴ L'assignat ne représente plus, en 1794, que 40 % de sa valeur nominale ; il faut donc multiplier par 80 et non plus par 200, comme pour les années 1789-1792 ; cette dette représente donc 5 milliards de francs 1994.

⁵ Archives Nationales, F 7 / 4770, dossier 2, (pièces 12, 14, 15, 18).

⁶ Ibid.

La bibliothèque de Lavoisier

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Marco Beretta* chercheur

L' historiographie positiviste, dont l'influence a été déterminante sur les historiens de la science de ce siècle, concevait la science du passé comme une entreprise essentiellement expérimentale. A partir de la Renaissance, l'image du scientifique, qui privilégie l'observation directe des phénomènes naturels et s'éloigne de la tradition littéraire et humaniste, est devenue un patrimoine intégrant de l'image de la science tout court. Selon cette interprétation autorisée, la science moderne doit ses progrès prodigieux et son succès à la capacité critique de ces naturalistes qui surent porter les yeux directement sur la nature plutôt que de la décrire d'après les livres. Selon cette conception historiographique, le livre représente la tradition scolastique et rétrograde d'une science qui se soumet à l'autorité livresque plutôt qu'à la vérification de

l'expérience. Les exemples de Galilée et de Descartes sont souvent allégués pour alimenter l'image négative que le livre possède en histoire des sciences.

Les livres et la science

Aussi bien Galilée que Descartes, en fait, avaient une connaissance analytique de la littérature scientifique, philosophique et érudite de leur temps et c'est sur la base de cette connaissance de la tradition que beaucoup des nouveautés scientifiques contenues dans leurs œuvres se sont affirmées avec succès.

En réalité, l'image de la science comme un corps séparé de la tradition littéraire est non seulement limitée mais aussi historiquement incorrecte. Il suffit de feuilleter une quelconque œuvre scientifique du XVIIe et du XVIIIe siècle, pour comprendre que les découvertes, les expériences et les observations réalisées ex-nihilo sont rares et que les contributions les plus originales de la pensée scientifique dépendent dans une large mesure de la réélaboration de la tradition littéraire auquel un champ donné d'investigation appartient historiquement. Pour être acceptées par la communauté scientifique, les observations et les expériences ont besoin d'un support objectif à travers lequel elles peuvent être non seulement divulguées (diffusées) mais aussi comprises. Une expérience transmise par oral ou par lettre ne peut avoir la même importance ni la même influence qu'une expérience

décrite dans un livre publié avec le privilège d'une académie scientifique.

Le livre ne constituait pas seulement un important instrument de communication des idées scientifiques mais, dans de nombreux cas, il était employé comme un instrument scientifique tout court. Nous savons aujourd'hui que, dans les bibliothèques scientifiques des XVIIe et XVIIIe siècles, les naturalistes conservaient non seulement les livres mais aussi les instruments scientifiques et les espèces naturelles. Souvent, comme dans le cas de l'histoire naturelle, la bibliothèque scientifique ouvrait aux naturalistes l'unique voie d'accès aux mondes inaccessibles à la connaissance autrement.

Dans cette perspective, l'étude et la connaissance des sources et des livres étudiés par les savants deviennent des instruments d'une importance fondamentale pour une compréhension historique correcte de leur contribution scientifique et de leur originalité effective.

La bibliothèque de Lavoisier constitue un exemple significatif de la dite importance.

Lavoisier et les livres

Les documents les plus importants relatifs au contenu et à l'importance de la bibliothèque de Lavoisier sont constitués d'une trentaine d'inventaires manuscrits, dressés par des membres du Comité des Arts entre 1794 et 1795 après l'ordonnance par décret de la Convention nationale de juin 1793 de la confiscation des biens des fermiers généraux (figure 1).

Selon ces inventaires, environ un

*Office for History of Science, Uppsala University, Box 256, 751 05 Uppsala, Suède.
Tél. : +46 018-18 15 77.
Fax : +46 018-10 80 46.

Marco Beretta travaille actuellement sur le catalogue de la Bibliothèque de Lavoisier qui paraîtra en 1995 dans la série d'histoire des sciences *Biblioteca di Nuncius*, publiée par Léo S. Olschki (Florence)

La traduction de l'article de M. Beretta a été effectuée par Danielle Fauque.



Figure 1 - Une reconstitution de la saisie du laboratoire et de quelques livres de Lavoisier (gravure de 1798).

millier de volumes en grande partie relatifs aux sciences furent confisqués [1]. Seulement 560 furent restitués à son épouse le 15 août 1795. Le reste fut probablement utilisé par le Comité d'instruction publique pour constituer les bibliothèques des nouvelles écoles centrales dont le programme accordait à l'enseignement des sciences naturelles une place importante.

À part les inventaires, le document le plus important est sans aucun doute le catalogue manuscrit de la bibliothèque de Mme Lavoisier daté de 1830 environ, aujourd'hui conservé à la Kroch Library de la Cornell University (Ithaca, New York) [2] ; il contient plus de 3000 titres dont beaucoup appartenaient sûrement à Lavoisier. Ces dimensions considérables font penser qu'il reflète assez fidèlement la structure complexe de la bibliothèque personnelle de Lavoisier. Toutefois, surtout pour les titres relatifs à la littérature et aux beaux-arts, il est presque impossible de savoir avec une sécurité absolue quels sont ceux qui appartenaient respectivement à Lavoisier et à son épouse.

Pour surmonter, au moins partiellement, ces difficultés, il est nécessaire de recourir en permanence à une étude comparative de ce catalogue avec les inventaires du Comité, la correspondance et les œuvres de Lavoisier, et autres documents qui peuvent donner des indications précises sur l'appartenance d'un livre. Une des sources les plus précieuses pour ce type de travail est la collection Duveen des livres - presque tous munis du fameux ex-libris - provenant de la bibliothèque

de Lavoisier. À la fin des années 50 Denis I. Duveen avait réuni plus de 580 volumes provenant de la bibliothèque du chimiste français ; grâce à une donation privée, l'entière collection est aujourd'hui conservée à la Kroch Library de Cornell University.

Un autre document important est constituée d'une liste de 114 titres acquis par le chimiste français auprès du libraire de Strasbourg, Amand König, en octobre 1767 [3 (vol. 1, p. 94-98)]. Lavoisier, à peine âgé de 24 ans et encore sous la tutelle attentive du maître Guettard, semblait avoir déjà des idées assez claires sur les livres à sélectionner pour sa formation scientifique. À part plusieurs traités sur l'analyse chimique des eaux minérales qui devaient lui servir durant son voyage dans le Bourbonnais, Lavoisier acquit plusieurs livres d'importance fondamentale pour ses intérêts naissants de chimie pneumatique. Dans cette liste, nous trouvons l'*Ortus medicinae* (1648) de van Helmont, le *Tractatus quinque* (1675) de Mayow, les trois premiers volumes des *Miscellanea philosophico-mathematica Societatis Privatae Taurinensis* (1759-1766) où Lavoisier pouvait lire les mémoires de chimie pneumatique de G.A. Menusglio, Comte de Saluces, et de F. Cigna. Les acquisitions des œuvres de van Helmont et de Mayow, publiées plus d'un siècle avant, ne doivent ni surprendre le lecteur moderne ni être considérées comme des livres de simple intérêt bibliophilique. Au contraire, dans les *Opuscules physiques et chimiques* (1774), Lavoisier commentait en détail les œuvres de van

Helmont et de Mayow, en reconnaissant leur importance scientifique actuelle. Dans un domaine entièrement nouveau comme celui de la chimie des gaz, la recherche historique des origines avait une valeur scientifique et expérimentale. Van Helmont avait été en fait le premier à observer le rôle actif de l'air dans les réactions chimiques et Mayow avait reconnu la présence de l'air dans la composition de l'acide nitrique. Toutefois, la tradition aristotélicienne, qui attribuait à l'air un rôle totalement passif en chimie, fit que ces deux observations passèrent inaperçues.

La liste de 1767 contient d'autres livres d'importance fondamentale dans la formation de la pensée de Lavoisier dont les *Institutiones chemiae* (1763) de Spielman dans lesquels la calcination des métaux était étudiée de façon originale, et la rare collection des œuvres philosophiques et minérales de Swedenborg (1734). Cette œuvre considérée par Partington [4] comme peu originale et plutôt comme une histoire plus pertinente de la métallurgie que de la chimie, constitue, au contraire, une source importante pour les intérêts de Lavoisier sur la composition de l'atmosphère. Grâce aux essais de Gough et Siegfried [5], nous savons que, durant le printemps et l'été de 1766, Lavoisier s'était intéressé aux problèmes relatifs à la composition de l'atmosphère en général et de l'air en particulier. Dans l'œuvre de Swedenborg, un chapitre entier était consacré à un développement très original des phénomènes relatifs à l'évaporation. Swedenborg, en fait,

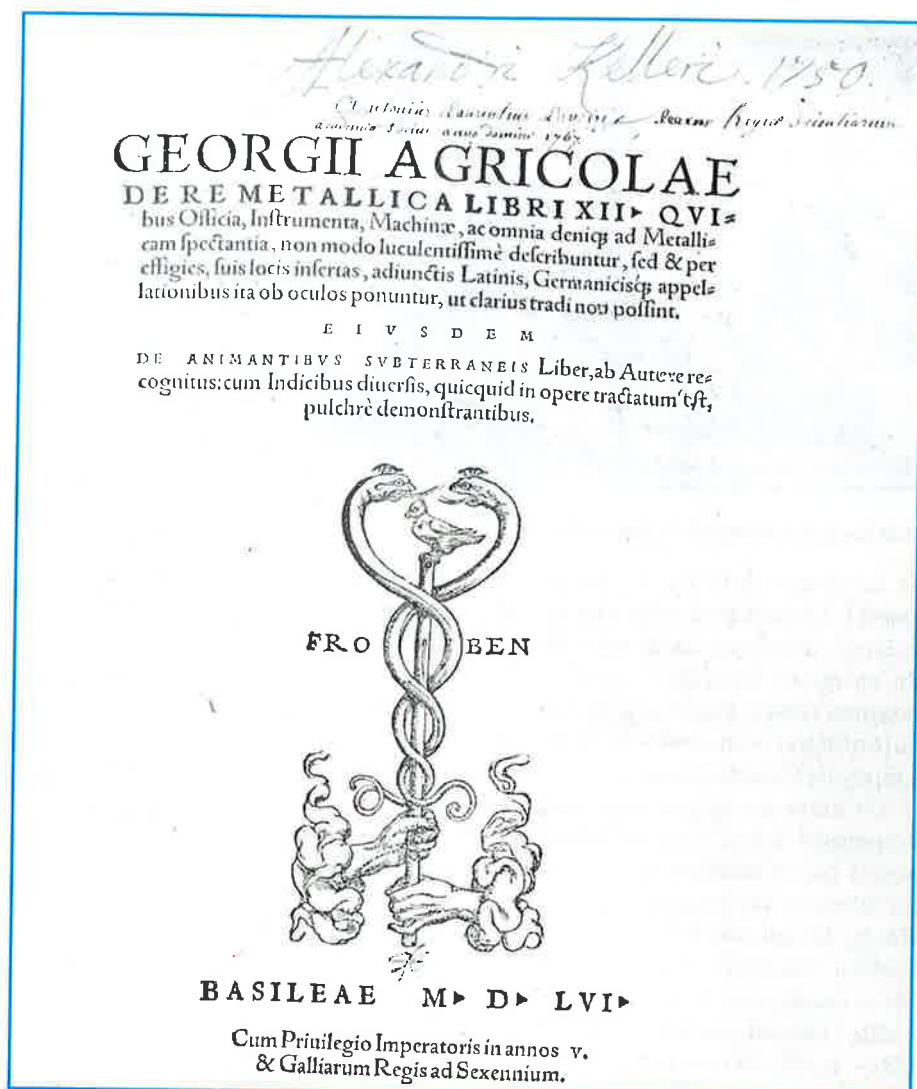


Figure 2 - Frontispice de l'ouvrage de G. Agricola, *De re metallica*, daté de 1556, acquis par Lavoisier en octobre 1767 à Strasbourg. Ce frontispice porte l'inscription suivante de la main de Lavoisier : "Antonius Laurentius Lavoisier Regiae scientiarum academiae socius anno 1767". En réalité, Lavoisier ne devint membre de l'Académie royale des Sciences qu'en 1768.

considérait la vapeur comme un élément simple séparé des autres et ayant des caractéristiques physico-chimiques propres [6]. On ne peut analyser ici l'influence de Swedenborg sur le jeune Lavoisier, mais de le dire suffit à comprendre l'importance des sources utilisées par le chimiste français au début de sa carrière scientifique.

En 1767, Lavoisier avait aussi acquis la première édition de *De re metallica* (1556) de G. Agricola, sans doute l'œuvre la plus importante de métallurgie de l'époque moderne. Dans cette œuvre Lavoisier pouvait trouver beaucoup plus qu'une simple collection de notions minéralogiques. Le *De re metallica*, en fait, contenait un important chapitre sur l'analyse chimique des sels et donnait des

informations extrêmement précises sur l'usage et la construction des instruments d'analyse chimique. L'exemplaire acquis par Lavoisier, aujourd'hui conservé à la Kroch Library de la Cornell University, porte la curieuse impression "Antonius Laurentius Lavoisier Regiae scientiarum academiae socius anno domini 1767" (figure 2). En réalité, le chimiste français devint membre de l'Académie royale des Sciences de Paris seulement en 1768.

De la correspondance et des catalogues de ventes aux enchères, on peut tirer des informations intéressantes sur la composition et la généalogie de la bibliothèque de Lavoisier. L'analyse de la correspondance de Lavoisier permet non seulement de déterminer avec certitude la date d'une acquisition

de beaucoup d'œuvres, souvent expédiées à Lavoisier par leurs auteurs, mais aussi de voir émerger de nouveaux intérêts littéraires de la part du chimiste français. En maintes occasions, en fait, Lavoisier demande à ses collègues, tant étrangers que français, de lui procurer des livres difficiles à obtenir. C'est le cas notamment d'un exemplaire du rare traité de W. Clarke, *Natural history of niter* (1670), une œuvre relative à la question très actuelle pour Lavoisier de la nature et de la composition du salpêtre. Lavoisier chercha à se procurer le livre en demandant l'aide de J.J. Magellan¹, mais celui-ci ne réussit pas à le lui trouver [3 (vol. 3, p. 1)]. Bien que Lavoisier ne connût pas l'anglais, il avait une grande admiration pour la littérature scientifique produite en Grande-Bretagne et persévéra dans ses efforts jusqu'à ce qu'il trouva le livre de Clarke. Dans ce cas comme dans ceux de van Helmont et de Mayow, il ne se préoccupait pas du fait que cet ouvrage ait été publié plus d'un siècle plus tôt, signe que l'approche des écrits scientifiques par les savants du XVIIIe siècle était complètement différente de la nôtre.

L'analyse des catalogues de vente aux enchères des bibliothèques de Jean Hellot (1685-1766) et de Jean-Etienne Guettard (1715-1786) apporte des informations ultérieures sur la façon dont Lavoisier avait l'habitude d'acquérir ses propres livres. Immédiatement après la mort de Hellot en 1766, la bibliothèque fut mise en vente [7] et, grâce aux livres et aux manuscrits aujourd'hui conservés à la Kroch Library et à la bibliothèque de l'Institut de Paris, nous savons que Lavoisier acquit au moins 13 ouvrages imprimés et une version latine manuscrite d'une œuvre de Stahl sur la nature et les propriétés chimiques du soufre. Parmi les œuvres imprimées, Lavoisier avait acquis la *Vie de Monsieur Des-Cartes* (1691) de A. Baillet, une version française de l'ouvrage de Boyle sur la philosophie corpusculaire, un exemplaire des rares *Exercitationes de generatione animalium* (1651) de Harvey, l'*Historia plantarum* (1541) de C. Gesner, le *Traité de l'équilibre des liqueurs* (1664) de Pascal, et divers traités sur les eaux minérales. Sur la base des

Une visite au laboratoire de Lavoisier

17794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Bruno Jacomy * Historien des techniques, adjoint au directeur

Quand le visiteur pénètre dans le laboratoire de Lavoisier au Musée des Arts et Métiers, il reçoit généralement une impression étrange. Il découvre, au premier plan, un splendide bureau à cylindre et, au second plan, de curieux instruments scientifiques, superbes objets disposés sur leur estrade comme les squelettes d'animaux disparus à la galerie de paléontologie du Muséum.

En quoi cet ensemble disparate de balances, de miroirs, de masques et de ballons représente-t-il la « révolution chimique » dont Lavoisier fut l'initiateur ? La réponse est elle-même contenue dans la question que se pose le visiteur. Rien ici ne ressemble aux laboratoires de chimie de notre imaginaire, tel que nous le présente, par exemple, la magnifique maquette de Madame de Genlis exposée au premier étage, elle-même réalisée à partir de la planche de l'*Encyclopédie* de Diderot. La « chimie moderne » que nous invite à découvrir Lavoisier est toute autre. Elle prend ses racines dans les progrès faits depuis le XVII^e siècle par les *physiciens*. Et cette révolution est, pour une bonne part, une *révolution de l'instrument scientifique*.

*Musée des Arts et Métiers, CNAM,
292 rue Saint-Martin, 75003 Paris.
Tél. (1) 40.27.22.20. Fax : (1) 40.27.26.62.

Le musée est actuellement en cours de rénovation complète, mais le laboratoire de Lavoisier reste exceptionnellement ouvert pendant toute l'année 1994,

Au-delà du théoricien de la chimie, Lavoisier fut aussi un expérimentateur émérite [1] qui a fait faire à l'instrumentation scientifique des pas de géant. La collection présentée au Musée en témoigne encore aujourd'hui.

La collection du Musée des Arts et Métiers

La centaine d'instruments présentés aujourd'hui dans la « salle de l'écho » permettent de comprendre comment travaillait Lavoisier et à quoi ressemblait son laboratoire, mais ils ne représentent que le cinquième de la collection conservée et moins du centième de ce que contenait le laboratoire de Lavoisier il y a deux cents ans.

Les méandres de l'arrivée de ces

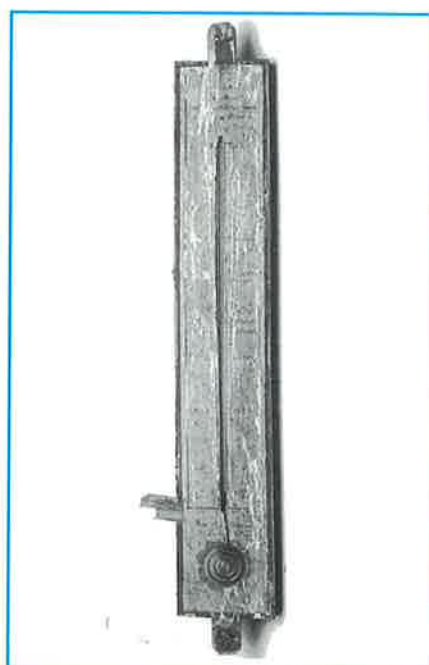


Figure 1 - Thermomètre de Réaumur, Musée des Arts et Métiers-CNAM, Paris (cliché Wetzell-Vilain).

objets au Conservatoire ne sont pas totalement éclaircis. On sait néanmoins qu'une partie d'entre eux furent offerts par M. et Mme Léon de Chazelles à l'Académie des sciences, qui en fit don au Conservatoire en 1866, et qu'une autre partie fut acquise par Mme Vanssay de Chazelles en 1952. Quant au bureau, réalisé par le maître ébéniste Jean Caumont, et à quelques autres objets, ils le furent lors d'une vente aux enchères en 1956 par M. Lamot Du Pont-Copeland, qui les donna au Musée. Ce donateur est peut-être un descendant d'Éleuthère-Irénée Du Pont de Nemours (1771-1834), qui fut l'élève et le collaborateur de Lavoisier.

La tradition réinventée

Dans la collection conservée au Musée, tout ne reflète pas l'aspect « révolutionnaire » de l'instrumentation scientifique de Lavoisier. On découvre des instruments tout à fait classiques à cette époque, tels que baromètres, thermomètres, miroirs et pompes à vide.

Ces dernières pompes pneumatiques, de même que les baromètres, étaient couramment utilisés pour les recherches sur les gaz. C'est pour ce type de travaux que Lavoisier a tout d'abord utilisé la pompe de l'Académie des sciences, fabriquée par Nairne, constructeur londonien réputé. Les pompes présentées au Musée sont plus récentes. Elles furent réalisées par Nicolas Fortin, l'une vers 1784 (Inv. 19904) et l'autre en 1792 (inv. 7517), sur la base du modèle anglais à deux cylindres, mais améliorées. Pour les thermomètres, Lavoisier fait aussi appel aux meilleurs

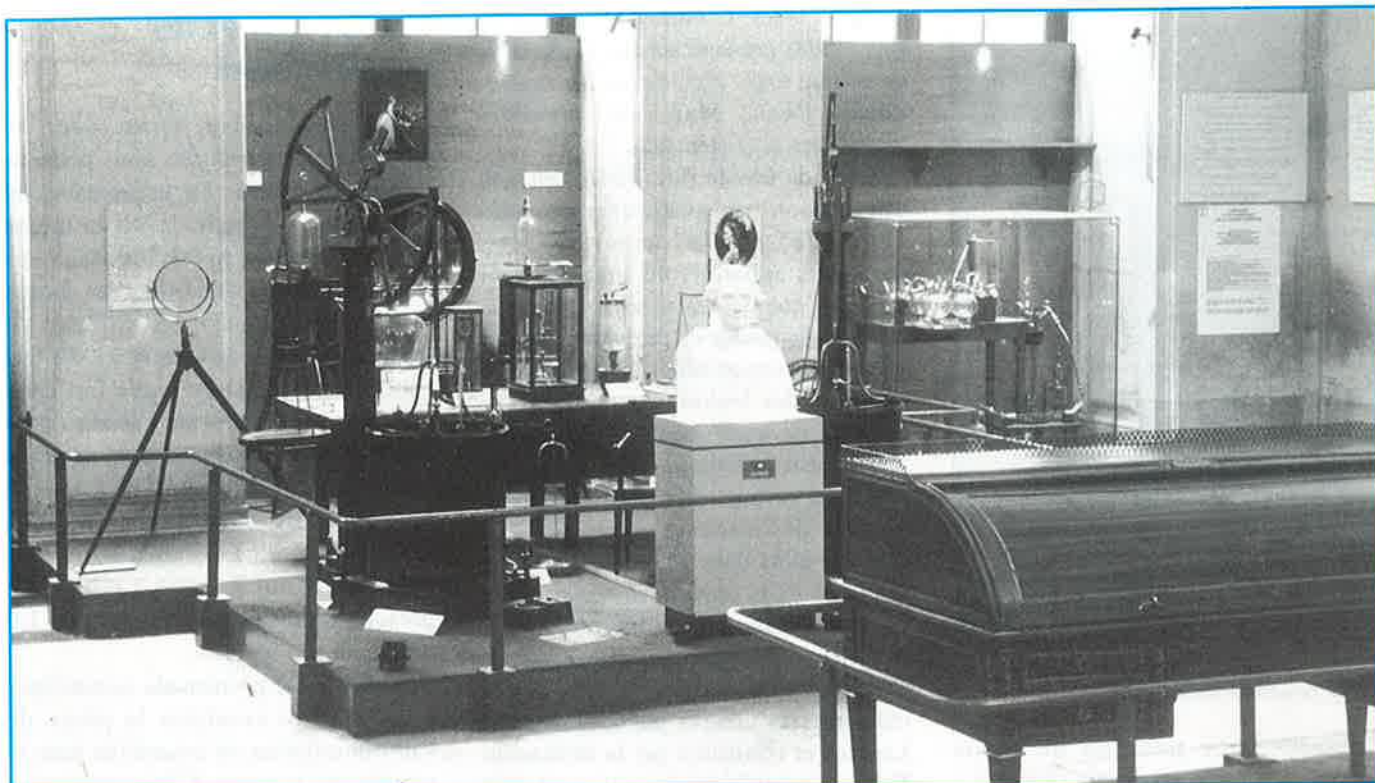


Figure 2 - Laboratoire de Lavoisier. Musée des Arts et Métiers-CNAM, Paris (cliché J.-C. Wetzel).

constructeurs du temps pour obtenir les instruments les plus précis possibles : les thermomètres exposés au Musée ont été construits par Mossy (Inv. 19910), Fortin (Inv. 19932) et Mégnié (Inv. 19914) (*figure 1*).

Même sur des appareils apparemment aussi simples que les thermomètres, on retrouve cette constante exigence de précision, qui se traduit notamment par l'utilisation de verniers finement gravés permettant de lire jusqu'au 1/10 de degré (inv. 19909).

N'oublions pas, dans cette première famille des instruments « traditionnels », puisque utilisés depuis près d'un siècle dans les expériences de chimie, les lentilles et miroirs concaves avec lesquels Lavoisier a réalisé ses expériences sur la calcination des métaux. Si la grande lentille de Trudaine (diamètre 2,60 m environ), représentée dans les *Œuvres* de Lavoisier [2], n'existe plus, une lentille sur trépied (inv. 8229) a été conservée, (*figure 2*, à gauche) de même que deux très beaux « miroirs ardents » (Inv. 20080 et 20081). Avec ces appareils, généralement très onéreux, Lavoisier pouvait réaliser des expériences de calcination sans avoir recours à de volumineux fourneaux, qui

par ailleurs pouvaient engendrer des phénomènes chimiques indésirables.

La balance, cœur du laboratoire

Les appareils ci-dessus ont principalement été utilisés pour les expériences réalisées vers 1772-1773. Les progrès accomplis dans leur conception et leur réalisation étaient déjà notables, mais le véritable tournant dans l'instrumentation interviendra avec un autre appareil traditionnel réinventé par Lavoisier, la *balance*. Plusieurs exemplaires provenant du laboratoire de Lavoisier sont conservés au Musée, (*figure 2*) mais nous choisirons ici trois d'entre elles pour apprécier l'évolution majeure apportée dans ce domaine par Lavoisier, grâce aux idées novatrices et au savoir-faire de Nicolas Fortin.

L'ancienne génération peut être représentée par la balance à fléau (inv. 7544) disposée sur la grande table de laboratoire : sa facture est robuste et classique, et sa précision limitée. Lavoisier pouvait se contenter de tels instruments pour les expériences qu'il menait dans les années 1770, mais, quelques années plus tard, il doit faire

appel au constructeur Mégnié pour la réalisation de nouvelles balances, probablement les premières balances de précision qui aient été construites.

La grande balance (Inv. 19886) représente un exemple significatif de cette ancienne génération. Sans entrer dans le détail de sa fabrication, mentionnons, parmi ses innovations, des couteaux à section triangulaire en acier dur pour les suspensions du fléau et des plateaux, une visée par lunette pour repérer le déplacement de

Gazomètre

« Je donne le nom de « gazomètre » à un instrument dont j'ai eu la première idée et que j'avais fait exécuter dans la vue de former un soufflet qui put fournir continuellement et uniformément un courant de gaz oxygène pour les expériences de fusion. Depuis, nous avons fait, M. Meusnier et moi des corrections et des additions considérables à ce premier essai, et nous l'avons transformé en un instrument pour ainsi dire universel, dont il sera difficile de se passer toutes les fois qu'on voudra faire des expériences exactes ».

A.-L. Lavoisier, « gazométrie », *Traité élémentaire de chimie*, 1789, t. II.



Figure 3 - Gazomètre. Musée des Arts et Métiers) CNAM, Paris (cliché studib Photo).

l'aiguille, une position de repos actionnée par une cordelette. Résultat : chargée d'une masse de 600 g, elle est capable de trébucher sous un effort de 0,005 g, ce qui représente une précision de 1/125 000 [3].

La troisième, grande balance construite par Fortin en 1788 (inv. 19887), symbolise l'aboutissement des travaux menés depuis plusieurs années pour atteindre la précision maximale nécessaire à Lavoisier pour ses grandes expériences sur la conservation de la matière. Avec une précision estimée à 1/400 000, elle a permis à Lavoisier et Haüy, en 1792 et 1793, de déterminer la valeur du « grave¹ » et de participer aux prémices de la mise en place du système métrique.

Une instrumentation novatrice

Jusqu'ici, nous n'avons évoqué que des instruments existants, auxquels d'importants perfectionnements ont été apportés. Terminons par deux innovations essentielles : les gazomètres et les calorimètres. Les deux grands gazomètres qui trônent sur l'estrade symbolisent à eux seuls le laboratoire de Lavoisier. Les premiers gazomètres, qui ont permis de réaliser la célèbre expérience de la synthèse de l'eau en 1785, furent conçus par Meusnier et construits par Mégnié au début de

l'année 1783. C'était dans le ballon (inv. 7548) présenté sur la grande table en acajou (inv. 20574) que se recomposait l'eau. Mais ces premiers gazomètres n'existent plus.

Ceux du Musée (inv. 7547¹) en sont une version très améliorée, exécutés entre 1785 et 1787 (figure 3). Ces étonnants appareils ne sont, sur leur principe, que des balances de précision adaptées au pesage de gaz, mais, par leur exécution remarquable, ils incarnent la synthèse des techniques en usage en cette fin de XVIII^e siècle : construction entièrement métallique, fléau monté sur rouleaux, système de suspension proche de ceux des machines à vapeur fixes utilisées alors dans les mines, chaîne à maillons plats pour la suspension des cloches, vernier de précision, etc.

Enfin, deux appareils constituent de véritables inventions. Il s'agit des calorimètres conçus par Lavoisier et Laplace et construits par le ferblantier Naudin, celui-là même qui avait déjà fourni pour le laboratoire de nombreuses cuves, dont les cloches des premiers gazomètres. Les calorimètres conservés au Musée (inv. 7520 et 7547²) ont été utilisés, de 1782 à 1784, pour leurs recherches sur la chaleur qui ont abouti à la mise en évidence des lois générales de la calorimétrie (figure 4).

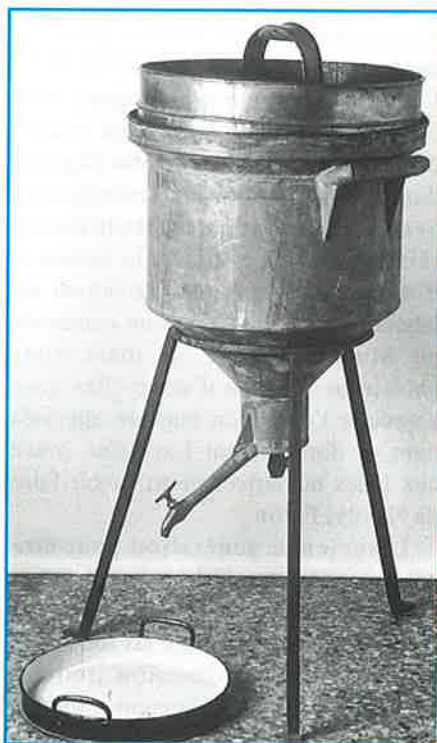


Figure 4 - Calorimètre. Musée National des Techniques - CNAM, Paris (cliché Studio Photo).

Les savants et les constructeurs

De cette brève visite dans le laboratoire de Lavoisier, nous pouvons retirer trois leçons. De la première, on retient que Lavoisier avait la même obsession de la précision dans ses instruments que dans tous ses autres travaux, qu'ils soient scientifiques ou économiques. De la seconde, c'est que l'instrument de qualité coûte fort cher. Les sommes investies par Lavoisier pour réaliser « le grand appareillage de précision qui fit du laboratoire de l'Arsenal une curiosité européenne [4] sont considérables. La fabrication des gazomètres lui a coûté à elle seule presque 8 000 livres, soit près de 1,6 million de nos francs.

Enfin, cette promenade scientifique nous montre combien la place de l'instrumentation est essentielle dans le progrès des sciences. L'instrumentation scientifique constituera, à la réouverture du Musée rénové, l'un des sept grands domaines de la future exposition permanente. Ce lieu sera le plus « scientifique » du musée, mais le visiteur n'y trouvera pas que des savants. Il découvrira, derrière ces instruments aussi beaux qu'ingénieux, tout l'art des constructeurs. A l'instar de Lavoisier et de Fortin, l'histoire des sciences et des techniques nous montrera alors combien, à travers l'instrument, le savant et le technicien se rejoignent pour la réalisation des grandes œuvres scientifiques.

Références

- [1] Daumas Maurice, *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Paris, PUF, « Bibliothèque de philosophie contemporaine », 1955, 181 p. Pour l'histoire et la description des instruments du laboratoire de Lavoisier, voir notamment p. 113-156.
- [2] - Lavoisier, *Œuvres*, t. III, pl. IX.
- [3] - Daumas M., op. cit., p. 138.
- [4] - Daumas M., op. cit., p. 116.

Notes

¹Unité de poids, devenue unité de masse : le kilogramme, en 1795.

Les années Lavoisier de É.-I. Du Pont de Nemours

1794-1994



BICENTENAIRE
LAVOISIER

Jean-Louis Tronc * directeur de la communication et des ressources humaines

Éleuthère-Irénée Du Pont de Nemours (*figure 1*) naquit en 1771 dans la région de Nemours, au sud de Paris. Il était le second fils du physocrate et politicien Pierre-Samuel Du Pont de Nemours et de Nicole Charlotte Marie Louise Le Dée de Rancourt.

Au grand désespoir d'Éleuthère-Irénée, sa mère mourut prématurément alors qu'il n'avait que 13 ans. Et c'est le cœur gros qu'il quitta sa campagne, avec son père et son frère, pour vivre dans un appartement de la rue de la Corderie à Paris.

Non pas que la vie à Paris fût sans éclat, car, en cette année 1785, les prémices de la révolution commençaient déjà à agiter la capitale. D'importants visiteurs fréquentaient l'appartement de la rue de la Corderie. Parmi eux, le scientifique et diplomate Benjamin Franklin, le futur troisième président des États-Unis Thomas F. Jefferson - ces deux hommes joueront plus tard un rôle important dans l'aventure industrielle d'Éleuthère-Irénée - ainsi que le grand scientifique et chimiste français, Antoine-Laurent Lavoisier.

Parmi tous ces visiteurs, c'est Lavoisier qui retint l'attention du jeune Éleuthère-Irénée. Un jour, Lavoisier donna à Éleuthère-Irénée une sorte de poudre, ressemblant à du sel, et lui

conseilla de la mélanger à la terre de ses plantes en pot. Au plus grand étonnement du jeune homme, les plantes reprirent vie.

Il se rendit à la poudrière d'Essonnes dont Lavoisier, inspecteur général des Poudres et salpêtres, dirigeait les travaux. Éleuthère-Irénée put observer comment le salpêtre mélangé à du charbon et du soufre devenait de la poudre noire à canon. C'est ce même salpêtre qui avait ranimé ses plantes.

Lorsque, plus tard, Éleuthère-Irénée écrivit un compte rendu de sa visite à Essonnes, son père fit ce commentaire : *"Je suis très satisfait de votre exposé détaillé sur la fabrication de la poudre. Il y manque quelques points et virgules, mais l'intelligence et le bon sens y sont et après tout, c'est bien là le plus important"*.

Éleuthère-Irénée était doué pour les sciences ; c'est pourquoi Pierre-Samuel le confia à Lavoisier pour diriger ses études, voire même sa carrière. Un accord fut passé entre Du Pont père et

Lavoisier : Éleuthère-Irénée travaillerait comme apprenti auprès de Lavoisier, avec la possibilité de devenir plus tard son successeur.

C'est ainsi qu'Éleuthère-Irénée, tout juste âgé de 16 ans, vint travailler au laboratoire de l'Arsenal à Paris, sous la direction de Lavoisier (*figure 2*). La fabrication de la poudre noire serait la première étape de sa formation à la chimie.

C'était un mercredi, peu avant 7 heures du matin, qu'Éleuthère-Irénée pénétra pour la première fois dans le célèbre laboratoire de Lavoisier. Ouvert au public tous les mercredis, la pièce était déjà envahie de monde. Le jeune homme put enfin admirer les instruments qu'il ne connaissait que sous forme de reproduction. Lavoisier l'introduisit auprès des personnalités présentes ce jour-là. Il y avait la très belle Madame Lavoisier, Watt de l'Académie Royale des Sciences de Londres, le Duc de la Rochefoucauld et bien d'autres encore comme Messieurs Igenhousz, Darcet et Berthollet.

Pour Éleuthère-Irénée, Lavoisier n'était pas le riche fermier général qui avait épousé Marie-Anne Pierrette Paulze alors qu'elle n'avait que 14 ans. Pas plus qu'il n'était le brillant inspecteur général des Poudres et Salpêtres. Non, pour lui, il représentait l'observateur des lois de la nature et de la physique, le pionnier de l'exactitude scientifique. Un homme qui, à l'âge de 23 ans, avait remporté un prix de l'Académie des sciences avec un "Mémoire sur le meilleur système d'éclairage de Paris".

Sous la direction de Lavoisier, Éleuthère-Irénée apprit à raffiner

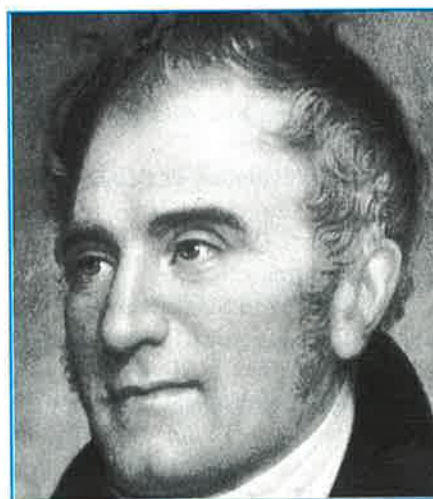


Figure 1 - Éleuthère-Irénée du Pont de Nemours.

* Du Pont de Nemours (France) SA, 137, rue de l'Université, 75334 Paris Cedex 07. Tél. : (1) 45.50.60.46. Fax : (1) 47.53.09.65.

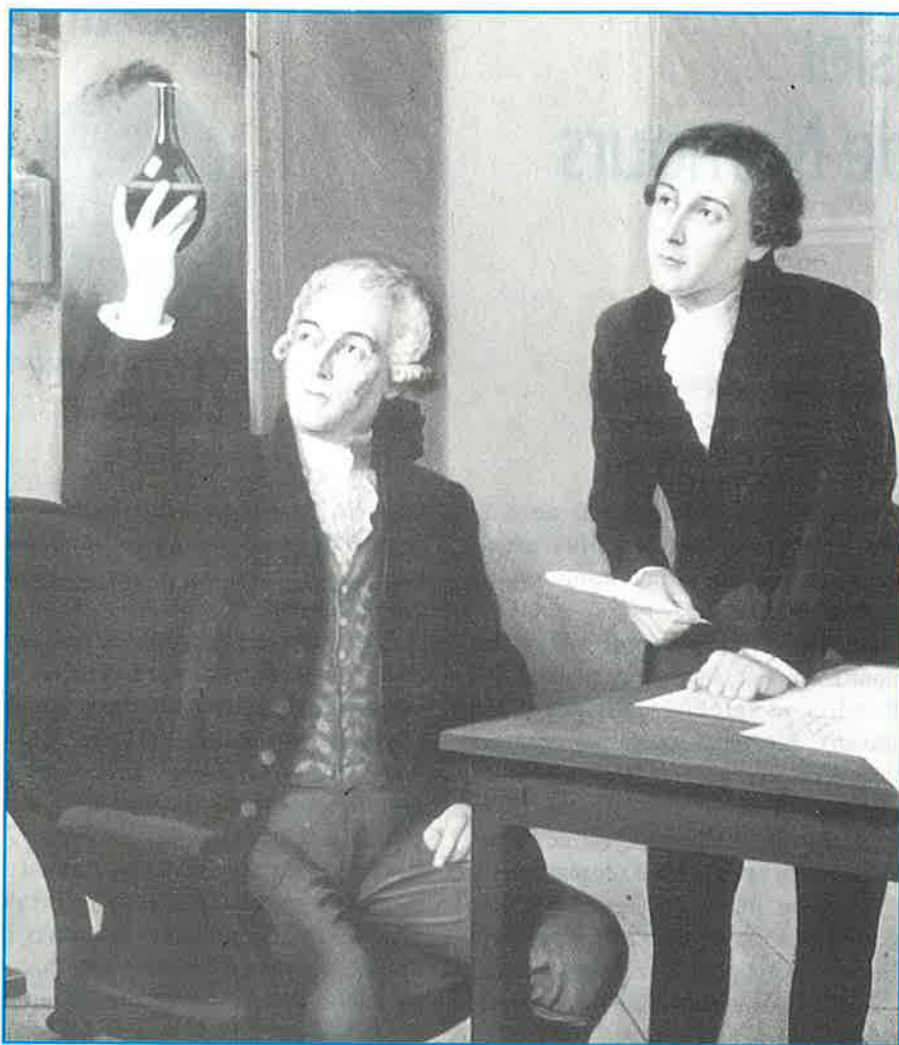


Figure 2 - Élèuthère-Irénée du Pont de Nemours (à droite) et Lavoisier (à gauche).

salpêtre et soufre, à les mélanger à du charbon de bois, à presser, granuler et polir le produit en poudre noire. Il apprit à calibrer les grains pour les adapter aux différents canons, à faire fonctionner les machines et à se protéger contre la négligence, fatale dans ce type d'entreprise.

Son application fut récompensée et Lavoisier lui fit quitter l'Arsenal pour la fabrique de poudre d'Essonnes dont il dirigeait la production. Il y serait contrôleur des poudres, avec un salaire de 1200 livres par mois, et aurait sous ses ordres une équipe de 12 hommes. Le salpêtre était recueilli à l'époque sur les murs humides. Lavoisier expérimenta, avec succès, des nitrières artificielles, ce qui augmenta considérablement la production de salpêtre et améliora la qualité de la poudre. Élèuthère-Irénée participa à des expériences sur de nouveaux mélanges détonnants. Il réchappa de justesse à un

accident mortel alors qu'on expérimentait une nouvelle qualité de poudre.

Élèuthère-Irénée complétait son apprentissage par la rédaction de compte rendu. Il rédigea ainsi un essai qui fut remarqué dans le monde scientifique : "Exposé sur la méthode capable d'identifier, plus ou moins, l'épaisseur à donner aux murs d'un dépôt d'explosifs pour qu'ils puissent résister à l'explosion d'une grande quantité de poudre".

Mais la Révolution et l'engagement politique de son père allaient bouleverser l'avenir tout tracé d'Élèuthère-Irénée.

En 1789, Pierre-Samuel avait été élu député du tiers pour le bailliage de Nemours. Après la dissolution de l'Assemblée constituante en septembre 1791, il ouvrit, avec l'aide financière de Lavoisier, une imprimerie puis une librairie. Il fut assisté dans son

entreprise par son fils, Élèuthère-Irénée qui avait quitté la poudrière d'Essonnes quand Lavoisier avait été nommé secrétaire de la Trésorerie en 1791. Pierre-Samuel put ainsi continuer à exprimer ses opinions sur la vie politique.

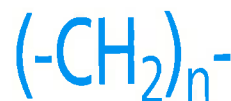
C'est à ce moment qu'Élèuthère-Irénée, âgé de 20 ans, épousa, en novembre 1791, Sophie Madeleine Dalmas, une jeune fille de 16 ans sans aucune fortune. Son père, en raison de ses propres difficultés financières, s'était tout d'abord élevé contre une telle union et, en outre, considérait Élèuthère-Irénée trop jeune pour de telles responsabilités. Mais il se rendit aux arguments de son fils et accepta le mariage de bon cœur.

Pierre-Samuel fut poursuivi et recherché par les Jacobins pendant deux années au cours desquelles il vécut caché. Arrêté en 1794 et enfermé à la prison de la Force le 22 juillet, il eut plus de chance que Lavoisier. Pierre-Samuel, lui, fut sauvé par la chute de Robespierre, le 27 juillet 1794.

Pour Élèuthère-Irénée, les perspectives d'avenir en France n'étaient guère encourageantes. Jusqu'en 1799, il vivra des maigres revenus que lui procurait la maison d'édition familiale. Il réalisera alors que le moment était venu de prendre une décision : rester en France où la situation politique était toujours instable ou émigrer vers les États-Unis. Voilà comment, fin 1799, Élèuthère-Irénée et douze membres de sa famille s'embarquèrent sur l'*American Eagle* vers le Nouveau Monde.

Quand en 1802, Élèuthère-Irénée fondera, à Wilmington près de Philadelphie aux États-Unis, une fabrique de poudre noire, il pourra se référer à son illustre maître, dont la réputation était, depuis déjà longtemps, parvenue outre-Atlantique.

Polyéthylènes linéaires



Historique

La découverte des polyéthylènes linéaires est due à Zletz (Standard Oil Company of Indiana - 1950), Hogan et Banks (Phillips Petroleum Company - 1951), Ziegler (Max Plank Institute - 1953).

Ces polyéthylènes linéaires (symbole normalisé : PE-L) sont constitués de chaînes dépourvues de branchements longs et sont obtenus par **polymérisation catalytique** à pression et température modérées, contrairement aux polyéthylènes ramifiés obtenus par polymérisation radicalaire sous haute pression et haute température.

On distingue :

- les procédés dits **en solution**, mettant en œuvre une réaction de polymérisation de l'éthylène en solution dans un solvant ;
- les procédés dits **en suspension**, l'éthylène est en suspension dans un diluant (le polymère n'est plus soluble dans le milieu réactionnel).

Une variante de ce dernier procédé, mettant en œuvre un **lit fluidisé de grains de polymère** en croissance dans un flux de monomère, fit son apparition en 1970 et trouva un développement industriel au début des années 80. Il s'agit du procédé dit en **phase gaz**.

Jusqu'en 1970, ces procédés furent employés pour la fabrication des polyéthylènes linéaires **haute densité** (PE-HD).

Entre 1970 et 1975, les premiers polyéthylènes linéaires **basse densité** (PE-BD) firent leur apparition. Leur développement commercial s'accompagna d'une nouvelle évolution des procédés qui furent adaptés pour produire non plus des homopolymères modifiés (gamme des polyéthylènes de haute densité), mais de véritables copolymères éthylène-oléfine (en C₄, C₅, C₆, C₈).

Il en résulta une relance des procédés en solution à basse pression (la présence de comonomère augmente la solubilité du polymère), mais également l'apparition d'un procédé dit **solution-masse** (dérivé du procédé de polymérisation sous haute pression).

Principe des procédés

1 - Catalyseurs

Catalyseurs Ziegler-Natta

Ils sont le plus souvent constitués d'un composé halogéné d'un *métal de transition* des groupes IV ou V de la classification périodique des éléments (titane, vanadium) et d'un composé alkylé d'un métal des groupes I à III (*alkylaluminium halogéné ou non*).

La combinaison de ces éléments peut conduire :

- à des composés solides (TiCl₃, VCl₃, + AlR₃) ;
- à des composés liquides (TiCl₄, VCl₄ + AlR₂Cl) qui constituent la partie active du catalyseur.

Celle-ci est généralement *supportée*, c'est-à-dire déposée sur des supports solides cristallins (silice, alumine ou chlorure de

magnésium). Ce procédé permet de maîtriser la forme des grains de catalyseur et d'améliorer la productivité rapportée au métal de transition.

D'une manière générale, ces catalyseurs se caractérisent par :

- une grande sensibilité aux impuretés polaires (eau, alcools, composés soufrés ou carbonylés) qui se comportent comme des poisons ;
- une activité généralement très élevée conduisant à des teneurs finales en métal de transition inférieures à 5 ppm (parties par million, soit 10⁻⁶ en masse), soit pour un catalyseur contenant 15 % de métal de transition, une productivité supérieure à 30 kg de polymère par gramme de catalyseur ;
- la faculté d'imposer leur propre morphologie aux particules de polymère qui en dérivent : cette propriété est mise à profit dans les procédés en suspension (*particule form*) dans lesquels les grains de polymère (dimension caractéristique : 600 à 1200 μm) résultent d'une croissance homothétique des grains de catalyseur (dimension initiale : 20 à 40 μm) ;
- leur sensibilité à l'*hydrogène*, agent de transfert de chaîne (*télogène*), permettant d'avoir un moyen de contrôle de la masse moléculaire du polymère produit.

Catalyseurs au chrome (Phillips)

Ils sont obtenus par dépôt d'oxyde de chrome sur un support (silice ou alumine-silice) à surface spécifique élevée : 400 à 600 m²/g. Ces catalyseurs sont ensuite réduits et activés à très haute température (600 à 800 °C).

Ils se distinguent des catalyseurs Ziegler-Natta par :

- une plus grande sensibilité aux impuretés polaires (eau, alcools, composés soufrés ou carbonylés), exacerbée, dans la pratique, par absence d'alkylaluminium ;
- l'influence réduite de la teneur en hydrogène du milieu réactionnel sur la masse moléculaire du polymère produit. En revanche, la température de polymérisation ou la nature de catalyseur (adjonction de titane, modification de la température d'activation) permettent d'agir sur la masse moléculaire.

2 - Matières premières et produits auxiliaires

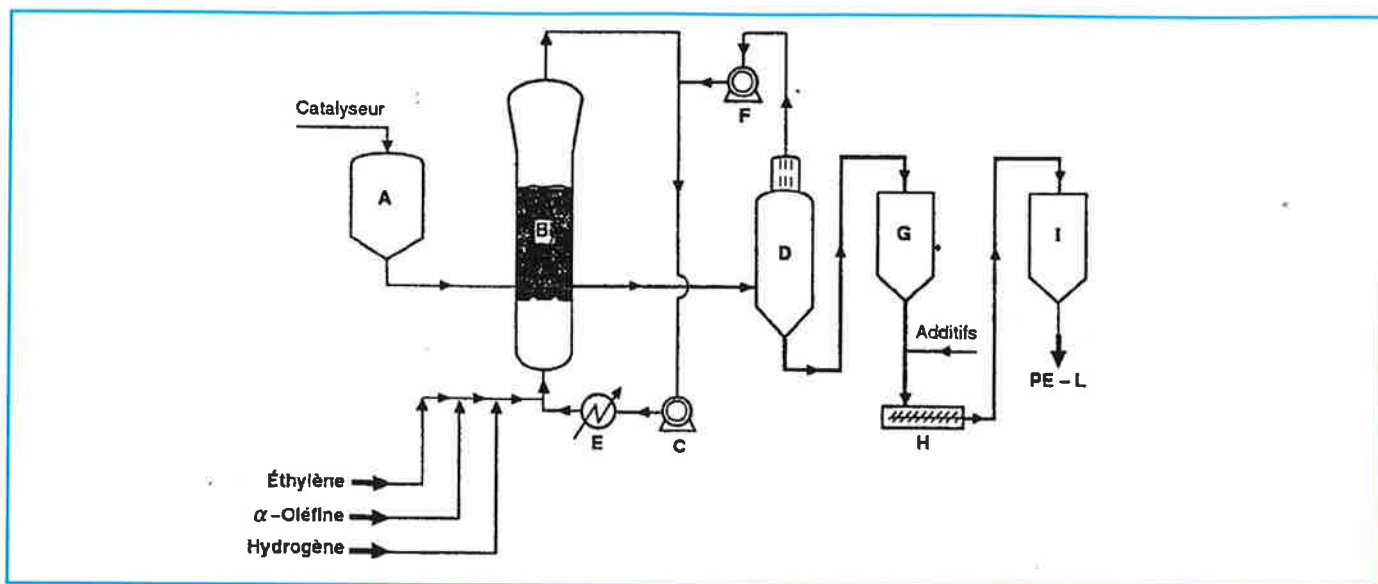
L'*éthylène* et l'*oléfine* (en C₄, C₅, C₆, ou C₈), copolymérisés pour modifier la cristallinité (donc la densité) du polymère produit, doivent être exempts d'impuretés poisons des catalyseurs. Les teneurs maximales requises sont :

acétylène et alcynes.....	< 2 ppm
CO + CO ₂ + composés carbonylés.....	< 1 ppm
H ₂ O + alcools.....	< 0,5 ppm
soufre.....	< 1 ppm

Les *solvants et diluants* (isobutane, pentane, hexane, octane, etc.) et l'*hydrogène* (utilisé pour modifier la longueur des chaînes) doivent présenter des puretés comparables.

Les matières premières sont de haute pureté et la purification des

Cette fiche, préparée par la rédaction de *L'Actualité Chimique* reprend de larges extraits de l'article de J.-P. Quet (Elf Atochem) publié par *Les Techniques de l'Ingénieur* (déc. 92, J6540), 21, rue Cassette, 75006 Paris. Tél. : (1) 42 22 35 50 Fax : (1) 45 49 35 32
L'Actualité Chimique remercie Les Techniques de l'Ingénieur pour leur aimable autorisation



Procédé de polymérisation en phase gaz (lit fluidisé).

A : stockage du catalyseur, B : réacteur en lit fluidisé, C : compresseur de circulation des gaz, D : ballon de flash, D : échangeur thermique, F : compresseur de recyclage des monomères, G : silo de poudre, H : extrudeuse - granulatrice, I : silo des granulés.

alimentations se réduit à un traitement catalytique d'hydrogénation (alcynes et oxygène) ou/et d'oxydation (monoxyde de carbone), suivi d'une absorption sur tamis moléculaires (CO_2 , H_2O , impuretés soufrées).

Polymérisation

Les comonomères, l'hydrogène et le catalyseur sont injectés en continu dans un réacteur. La réaction est exothermique (3,3 à 3,8 kJ par gramme de polymère produit). La température du milieu réactionnel est maintenue suffisamment basse pour que le polymère ne se dissolve pas dans le diluant.

La réaction peut être réalisée de trois façons :

a) En réacteur torique (procédé Phillips)

Dans ce procédé, le réacteur tubulaire permet d'opérer à pression

moyenne et en phase liquide en utilisant des diluants légers. La circulation du mélange réactionnel est assurée par une pompe et maintenue à une valeur suffisante pour maîtriser l'encrassement des parois. L'enthalpie de réaction est évacuée par transfert à travers les parois du réacteur (doubles enveloppes avec circulation d'eau).

La suspension est extraite en continu avant d'être réchauffée puis détendue dans un ballon de flash assurant la préséparation gaz-solide. Les gaz (essentiellement des monomères et du diluant) sont comprimés et envoyés vers la section de purification du diluant avant d'être recyclés dans le réacteur. Les solides (poudres) sont ensuite séchés et dégazés dans un silo, puis envoyés à l'alimentation de l'extrudeuse de granulation où sont mélangés les additifs.

Les catalyseurs mis en œuvre dans ce type de réacteur sont le plus souvent à l'oxyde de chrome (Phillips).

Tableau I. - Caractéristiques comparées des différents procédés d'obtention des polyéthylènes linéaires.

Type de polymérisation		Suspension			Solution	
		En réacteur torique	En réacteur autoclave	En phase gaz lit fluidisé	En réacteur autoclave	En masse (procédé haute pression)
Firme ayant développé le procédé		Phillips	Hoechst Solvay Mitsui	Union Carbide BP Chimie Atochem	Dow Chemical Du Pont Canada DSM	Enichem Atochem
Solvent ou diluant		Isobutane	Méthylpentane ou hexane ou autres C_6	Monomères heptane, hydrocarbures légers	Cyclohexane,	Monomères
Réacteur	Température.....(°C)	50 à 90	70 à 90	70 à 105	150 à 300	150 à 300
	Pression.....(MPa)	2 à 3,5	0,5 à 1,5	1,5 à 2,2	3 à 15	60 à 80
	Temps de séjour moyen	0,5 à 1,5 h	2 à 6 h	2 à 6 h	15 min	1 à 3 min
	Teneur en polymère(% en masse)	25	35 à 40	2 à 15	15
	Vol. en réacteur ¹(m ³)	60 à 90	170	400 à 500
Ballon de flash	Température.....(°C)	60 à 70	30 à 35	50 à 70	150 à 200
	Pression.....(MPa)	0,11 à 0,12	0,11 à 0,12	0,12 à 0,15	13 à 20

¹Pour une capacité de production de 100 kt/an.

b) En réacteur(s) autoclave(s) (procédés Hoechst, Mitsui et Solvay)

Ces procédés mettent généralement en œuvre plusieurs réacteurs. L'enthalpie de réaction est évacuée par transfert thermique à travers la paroi des réacteurs (doubles enveloppes avec circulation d'eau) et par condensation (et reflux) de la vapeur émise par la phase réactionnelle.

La suspension est extraite en continu en fond de réacteur, refroidie par échangeur et détendue dans un ballon de flash assurant la préséparation des gaz (essentiellement monomères et diluant) qui sont recyclés vers la section de réaction. La suspension (polymères et liquides résiduels) extraite par le fond du ballon de flash alimente un décanteur centrifuge qui assure la séparation des liquides (diluant) et de la poudre de polymère.

Le polymère est séché, stocké dans un silo dégazeur, puis envoyé à l'alimentation de l'extrudeuse de granulation où sont mélangés les additifs.

Les liquides séparés par le décanteur centrifuge sont partiellement renvoyés en l'état vers la section réaction ; l'excédent (égal en volume à l'appoint de diluant propre) est dirigé vers la section purification du diluant (séparation par distillation des impuretés provenant de la réaction essentiellement constituées de polymères de très bas poids moléculaires ou cires).

c) En phase gaz (procédés Union Carbide, BP Chimie, Atochem)

Dans ces procédés, le diluant est constitué par le(s) monomère(s) à l'état gazeux. Le compresseur assure la circulation ascendante du mélange réactionnel dans le réacteur. La vitesse est suffisante pour maintenir en suspension (fluidisation) les grains de polymère en croissance (voir schéma).

Les gaz non convertis, extraits en tête de réacteur, sont recyclés par le fond du réacteur après avoir été refroidis (pour l'évacuation de l'enthalpie de polymérisation). Le taux de conversion par passe est de 2 à 3 % (en masse).

Les catalyseurs sont injectés en continu. L'extraction en continu des produits est faite latéralement.

Un ballon de flash permet la séparation des monomères dissous, comprimés avant recyclage. Les poudres de polymère sont ensuite dégazées dans un silo avant d'être envoyées à l'alimentation de l'extrudeuse de granulation où sont mélangés les additifs.

Procédés en solution

La température du milieu réactionnel est maintenue à une valeur telle que le polymère produit est dissous dans le solvant.

Procédé en réacteur autoclave agité, à pression moyenne, en présence d'un solvant (Dow Chemical, DuPont Canada, DSM).

L'éthylène, le comonomère et le solvant sont injectés après avoir été fortement refroidis (évacuation de l'enthalpie de polymérisation) dans le réacteur de polymérisation. La viscosité du mélange homogène prélevé en continu dans le fond du réacteur est détendue dans un ballon de flash. Le gaz ainsi séparé (essentiellement composé des monomères) est recyclé (après compression) vers le réacteur. Le flux liquide enrichi en polymère (40 % en masse) est ensuite réchauffé, puis à nouveau détendu dans un second ballon de flash où s'opère la séparation du solvant (qui va être purifié avant renvoi vers le réacteur) et du polymère (fondu mais contenant encore 5 % environ de solvant) qui alimente une extrudeuse dégazeuse chargée de la granulation. Le dégazage du polymère est complété au niveau des silos situés en aval de l'extrudeuse.

Procédé dit "haute pression" (Enichem, Atochem)

Ce procédé de polymérisation *en masse* (les monomères constituent le solvant) met en œuvre un réacteur autoclave ou un réacteur tubulaire, mais fonctionnant à des pressions beaucoup plus élevées que celles des procédés *en solution* classiques.

Du fait des temps de séjour très courts et de la réactivité élevée des catalyseurs, le système catalytique est désactivé par injection d'un poison (appelé *killer*) en sortie de réacteur.

Le mélange réactionnel est détendu dans un séparateur primaire. Le fluide recueilli en tête est recyclé. Le flux liquide (extrait en fond) enrichi en polymère est à nouveau détendu dans un séparateur secondaire. Les gaz (et les monomères condensés) sont recyclés. Le polymère alimente une extrudeuse dégazeuse opérant la granulation. Le dégazage du polymère est complété au niveau des silos de granulés.

Polyéthylènes linéaires PE-L

- **Aspect** : granulés de diamètre moyen : 3 mm, transparents et présentant une très légère odeur de bougie.
- **Température de fusion** selon la densité : 105 à 120 °C.
- **Densité** : elle caractérise le taux de cristallinité du polymère et varie entre 0,915 (basse densité) et 0,960 (haute densité).
- **Masse moléculaire moyenne** en nombre M_n : 15 000 à 30 000.
- **Non-toxicité** (applications pour contact alimentaire).
- **Précautions d'emploi** : mauvaise tenue au feu (fusion et combustion).

Production française

(1992)(source SPMP)

PE-L.BD	228 000 t
PE.L.HD	336 000 t

Principales applications

Type d'application	Procédé de mise en œuvre	Répartition du tonnage consommé
Films pour emballages, sacs.	Extrusion-soufflage	40 %
Tubes et gainage de câbles électriques.	Extrusion	14 %
Bouteilles et corps creux	Extrusion-soufflage	22 %
Emballages ménagers, jouets, caisses	Injection	18 %
Cuves de grande capacité.	Rotomoulage	6 %



**BIENVENUE DANS UN MONDE
OÙ LA CHIMIE
EST AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT**

Rhône-Poulenc met son expérience et ses compétences
au service de l'environnement :
sa connaissance des molécules, son savoir-faire technique,
sa maîtrise des procédés

Traitement Recyclage Valorisation Régénération

**Rhône-Poulenc a créé l'activité
"Services pour l'Environnement"
pour offrir aux industriels
et aux collectivités locales
la solution la mieux adaptée
à la protection de leur environnement**

"Services pour l'Environnement"
et les autres activités du groupe Rhône-Poulenc
offrent des solutions et des compétences pour :

- La régénération de l'acide sulfurique
- Le traitement des eaux potables et usées
- Le traitement de déchets industriels spéciaux
- Le traitement des gaz et des pollutions accidentelles
- Le diagnostic des pollutions, la capacité d'analyse, la rémédiation des sols



N'hésitez pas à nous appeler ou à nous écrire :

Rhône-Poulenc Chimie
Secteur Intermédiaires Organiques et Minéraux (IOM)

Services pour l'Environnement
25, quai Paul Doumer - 92408 Courbevoie Cedex - France
Tél : (1) 47 68 27 58 ou 47 68 09 40 - Fax : (1) 47 68 21 50



ONDE

NNEMENT

ences

et industriel,

SFC 94

26-30 septembre 1994

Université Lyon I, campus La Doua, Villeurbanne

Chimistes, dès aujourd'hui, reprenez les dates de SFC 94, semaine du Congrès national de la Société Française de Chimie.

Au programme de cette manifestation :

- . Huit sessions thématiques : chimie analytique, chimie physique, catalyse, chimie de coordination, enseignement de la chimie, chimie organique, chimie du solide, matériaux polymères et élastomères.
- . Une journée «Jeunes» traitant des carrières de la chimie.
- . Quatre conférences grand public : histoire de la chimie, chimie et société, chimie et santé, chimie et environnement.
- . Eurochimie 94, forum jeunes/entreprises.
- . Différentes expositions :
 - «Il y a 200 ans Lavoisier...», exposition préparée par l'Académie des sciences.
 - Présentation de matériel scientifique innovant.
 - Présentation de la maquette du projet Archimium de Saint-Fons.

Programme détaillé : Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.
Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

CNRSFormation

au service de l'Entreprise

du 17 au 21 octobre 1994 à ORSAY (91)

**Initiation aux méthodes de spectroscopie laser :
applications à la chimie et à la biologie**

du 17 au 21 oct. et du 14 au 17 nov. 1994 à LYON (69)

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection.
Option IIA : sources scellées**

du 17 au 21 oct. et du 5 au 8 déc. 1994 à LYON (69)

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection.
Option IIB : sources non-scellées**

du 24 au 28 octobre 1994 à SACLAY (91)

**Initiation aux méthodes nucléaires d'analyse élémentaire.
Application à la caractérisation des matériaux**

Catalogue, programmes et inscriptions :

CNRSFormation

1 place Aristide Briand - 92195 MEUDON Cedex - FRANCE

Téléphone : (33-1) 45 07 56 72 - Télécopie : (33-1) 45 07 59 00



Une vocation internationale au service de la vie associative

La création de la Fondation de la Maison de la Chimie en 1928, répondant à la volonté de la communauté des chimistes et appuyée à l'époque par les pouvoirs publics, avait pour objet d'assurer le rayonnement de la science française, témoignage d'une grande conviction dans la rationalité scientifique comme facteur du progrès industriel et social du siècle précédent. Elle fut aussi une expression de fidélité à la pensée de Marcelin Berthelot dont la France avait célébré un an auparavant le centenaire de la naissance. Depuis, la Fondation est restée tout aussi fidèle aux trois grandes dimensions de sa vocation : son ouverture internationale, son soutien à la vie associative de tous les spécialistes de la chimie, ses prestations au service de l'industrie chimique en général.

Ouverture internationale

La création de la Maison de la Chimie fut surtout un événement mondial, 63 nations ayant répondu pour couvrir la quasi-totalité des fonds recueillis à la souscription internationale ouverte en vue d'assurer le financement des travaux d'aménagement de l'hôtel de La Rochefoucauld d'Estissac, sis au 28 rue Saint-Dominique. Le gouvernement français, pour sa part, ainsi que la Ville de Paris participèrent aussi largement à cette création par leurs donations matérielles. L'article 1 des statuts définissant le but et la nature de la Fondation précise qu'elle doit assurer l'aménagement d'un immeuble destiné à en permettre la jouissance aux organes de chimie français, étrangers et internationaux agréés par l'Assemblée générale. A cet égard, la composition du Conseil d'administration compte, en plus des 25 membres français, 8 membres étrangers.

Cette orientation, résolument internationale dès le départ, consacre la Maison de la Chimie comme un haut lieu de rassemblement et de rencontre des chimistes (universitaires, chercheurs, ingénieurs) de tous les pays. Ce rôle de la Fondation ne s'est jamais démenti au cours des années, comme l'a rappelé le président Jacques Bénard à l'occasion du cinquantième anniversaire célébré en 1984. Depuis, d'autres initiatives sont venues renforcer l'ouverture sur l'extérieur. C'est en 1986 qu'est décerné pour la première fois le Prix de la Fondation pour un montant de 150 000 F, destiné à récompenser une œuvre concernant la chimie au bénéfice de l'homme, de la vie, de la société ou de la nature. Ainsi, jusqu'ici les travaux de quatre lauréats, à savoir les professeurs Hagenmuller, Elliot, Wiechert et Vol'pin ont été couronnés, un français et trois étrangers. L'audience internationale de ce prix devra encore être développée dans l'avenir.

En 1989, c'est l'inauguration du Club de la Chimie offrant un cadre convivial de rencontre pour les chimistes conformément

aux statuts de la Fondation qui font obligation de « développer des relations entre savants, techniciens et industriels » (français et étrangers). Le Club comporte à l'heure actuelle plus de 1 000 membres. Il est ouvert du lundi au vendredi de 17 heures à 20 heures.

La Fondation doit maintenant redoubler d'efforts pour promouvoir plus activement toutes les grandes manifestations organisées à la Maison de la Chimie et attirer une participation étrangère significative, surtout au moment où l'Europe s'organise, où l'esprit communautaire imprègne les mentalités, et où les citoyens des pays membres, en particulier les chimistes, ressentent de plus en plus une identité européenne.

Soutien à la vie associative

Bien qu'elle ne reçoive plus aucune subvention d'origine publique et que ses ressources proviennent uniquement des prestations de service auprès d'organismes ou de groupes louant ses locaux et ses équipements, la Maison de la Chimie n'oublie pas sa vocation première et ses devoirs au service de la chimie et des chimistes. A cet égard, elle cherche à pratiquer une politique qui fait la part entre ses contraintes de fonctionnement et les possibilités financières des associations.

En fait, la volonté de la Fondation de renforcer et d'étendre son soutien à la vie associative de la chimie est la caractéristique majeure de son action ces dernières années. Accueillant régulièrement séminaires et conférences, et souvent de grandes manifestations de dimension internationale, la Maison de la Chimie joue véritablement son rôle de lieu de rencontre des chimistes. De plus, la récupération et la réfection de la partie appelée la « Tour des livres » ont agrandi sensiblement la capacité d'hébergement de sorte que plus de dix associations, parmi les plus importantes de la chimie, sont aujourd'hui domiciliées dans leur Maison de la Chimie :

Comité National de la Chimie (CNC)

Créé en 1953 sous les auspices de l'Académie des sciences et ayant son siège social à la Maison de la Chimie (article 2 des statuts), le CNC représente la communauté des chimistes français auprès de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) et agit en tant que correspondant privilégié des organismes d'État.

Société de Chimie Industrielle (SCI)

Cette association, créée en 1919, a pour objet d'assurer entre les entreprises de la chimie, leurs dirigeants, leurs ingénieurs et techniciens, qu'ils soient français ou étrangers, des contacts constants de nature à leur permettre de se tenir au courant de l'évolution de leur industrie.

Ainsi, la SCI est à l'origine, de sa propre initiative ou en collaboration avec d'autres associations françaises ou européennes, de nombreuses manifestations (congrès, colloques, séminaires) dont notamment le Forum mondial de la chimie où, tous les quatre ans à la Maison de la Chimie, les dirigeants des grands groupes multinationaux échangent leurs vues et leurs

perceptions de l'évolution de l'industrie chimique dans le moyen terme.

La SCI cherche également à promouvoir la chimie dans le milieu éducatif et à valoriser l'image des activités industrielles de la chimie auprès de l'opinion publique.

Société Française de Chimie (SFC)

La SFC dispose d'un accord de partenariat avec la Fondation pour la participation de ses publications ; elle utilise fréquemment les locaux de la Maison de la Chimie pour certaines de ses manifestations françaises et internationales et y dispose de quelques bureaux.

Organisation Nationale Interprofessionnelle des Bioindustries (Organibio)

Créée pour rassembler les bioindustries disséminées dans un grand nombre de secteurs économiques, Organibio a pour objectif principal d'organiser la concertation entre industriels dans ce domaine en pleine évolution.

Centre Français de l'Anticorrosion (Cefracor)

Le Cefracor, fondé en 1960, a pour objet de participer au développement des recherches fondamentales dans le domaine de la corrosion et de leurs applications industrielles.

Autres associations

La Maison de la Chimie sert également de lieu de domiciliation postale à certaines associations de la chimie ou de la parachimie (Société Française de Bioesthétique, Fédération des Techniciens des Industries de Peintures, Vernis et Encres d'Imprimerie de l'Europe Continentale, Société de Secours aux Ingénieurs Chimistes, Union Nationale des Associations Françaises d'Ingénieurs Chimistes, Groupe Français de Génie des Procédés).

Ainsi, par l'extension de sa capacité d'hébergement des associations et par des initiatives comme la création du Club de la Chimie, la Maison de la Chimie a non seulement traduit dans ses réalisations le vœu de ses fondateurs, elle a aussi contribué d'une manière significative à donner une nouvelle impulsion à la vie associative de la chimie en France. Elle reste disponible à toutes les initiatives des associations, des entreprises et des particuliers, destinées à promouvoir le rôle de la chimie et des chimistes dans l'économie française de demain.

Georges Roques

Président de la Fondation de la Maison de la Chimie

La Maison de la Chimie et le bicentenaire de la mort de Lavoisier

La Fondation de la Maison de la Chimie a été étroitement associée dès le début aux travaux du Comité qui a préparé la célébration du bicentenaire de la mort de Lavoisier. En janvier dernier, alors que venait de s'ouvrir l'exposition sur Lavoisier dans la chapelle de la Sorbonne, cette année Lavoisier a été évoquée lors de la cérémonie solennelle de remise du Grand Prix de la Fondation au professeur Vol'pin, mais c'est au mois de mai prochain que se situera, pour la Maison de la Chimie, le temps fort de cette commémoration. Trois manifestations se dérouleront en effet dans les locaux de la rue Saint-Dominique :

– **Le colloque historique**, organisé par l'Académie des sciences rappellera le rôle de Lavoisier dans les différents domaines où il a exercé son activité ; les conférences des 4 et mai se tiendront dans l'amphithéâtre Jean Gérard, qui reviendra ainsi pour quelques heures un lieu d'enseignement sur l'héritage laissé par le grand savant et le grand commis de l'État que fut Lavoisier (les résumés de ces conférences sont publiés dans ce numéro de *L'Actualité Chimique*).

– **Une cérémonie solennelle** sera organisée le 4 mai, à 16 h 30, par la Fondation de la Maison de la Chimie en coopération avec l'IUPAC (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée). Cette cérémonie, placée sous le haut patronage du ministre de l'Éducation nationale, célébrera simultanément le bicentenaire de la mort de Lavoisier et le 75^e anniversaire de l'IUPAC dont, rappelons-le, le siège fut longtemps implanté à la Maison de la Chimie. Étudiants, lycéens et enseignants seront invités à participer nombreux à cette manifestation et nous souhaitons qu'ils puissent y retrouver beaucoup de représentants de la communauté des chimistes, chercheurs des organismes de recherche publique, universitaires et industriels.

Trois conférenciers de renom mettront en relief la place essentielle de la chimie et de ses applications dans le monde d'aujourd'hui :

- Claude Fréjacques, vice-président de l'Académie des sciences, parlera de la chimie, discipline internationale ayant développé une forme de langage universel,
- le professeur Guy Ourisson, membre de l'Institut, évoquera les rapports entre la chimie et la vie,
- le professeur Hubert Curien, ancien ministre de la Recherche, membre de l'Institut, développera le rôle de la chimie comme discipline d'action et de formation.

La grande salle des congrès de la Maison de la Chimie et les salons attenants constitueront le cadre de cette cérémonie et de la réception qui la suivra.

– Ce même 4 mai et en conclusion de la cérémonie ci-dessus désignée, aura lieu l'**inauguration** dans le jardin de la Maison de la Chimie d'**une statue de Lavoisier par Zadkine**. Premier moulage en bronze réalisé à partir du plâtre d'origine, propriété de la Société Française de Chimie, cette statue ne pouvait trouver meilleure place que dans cette belle Maison, consacrée dès ses origines comme un lieu de rencontre privilégié pour les chimistes du monde entier

Père fondateur de la chimie moderne, mais aussi l'un des animateurs les plus dynamiques d'une communauté scientifique interdisciplinaire qui, à la fin du 18^{ème} siècle, réunissait des savants de tous pays et jetait les bases d'une recherche scientifique renouvelée par des approches plus rationnelles. Antoine-Laurent Lavoisier aurait certainement aimé se retrouver avec ses amis scientifiques dans cette Maison de la Chimie si elle avait existé de son temps. Nous aurons plaisir à y faire revivre sa mémoire au cours de ces différentes manifestations et nous espérons que vous serez nombreux à les honorer de votre présence.

Jacques Hui

Secrétaire de la Fondation de la Maison de la Chimie

Maison de la Chimie, 28, rue Saint-Dominique, 75341 Paris Cedex 07. Tél. : (1) 47.05.10.73. Fax : (1) 45.55.98.62.

Le procédé Wacker

L'acétaldéhyde est un produit de base (1,2 Mt/an) dont l'utilisation principale est la fabrication d'acide et d'anhydride acétiques, même si, de plus en plus, ces derniers sont produits par des procédés modernes de carbonylation du méthanol (voir fiche catalyse n° 4) et de l'acétate de méthyle (fiche n° 6). A côté des procédés industriels d'oxydation en phase gazeuse d'alcanes en C₃-C₄, de déshydrogénation ou d'oxydéshydrogénation de l'éthanol, on peut considérer que, pour plus de 20 %, l'acétaldéhyde produit dans le monde provient du procédé Wacker d'oxydation de l'éthylène. A l'heure actuelle, sauf quelques plates-formes installées en Europe de l'Est, les unités d'hydratation d'acétylène ont été arrêtées, la plupart depuis plus de vingt ans du fait du prix de l'acétylène mais également de la catalyse au mercure qu'il fallait mettre en œuvre.

Le système catalytique

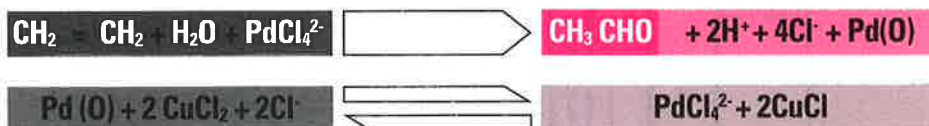
Découverte par Smidt et collaborateurs de Wacker Chemie, l'oxydation catalytique de l'éthylène a été suivie de toute une

phase de développement et a permis d'élaborer, en 1956, un procédé industriel et de construire une première unité en 1960. La réaction globale s'écrit très simplement :



La catalyse met en œuvre le palladium qui assure l'hydratation de l'éthylène et le chlorure cuivrique qui permet de réoxy-

der le palladium (0) en palladium (II) :



En milieu acide, le chlorure cuivreux est facilement oxydé par l'oxygène de l'air en chlorure cuivrique :



Dès 1984, Phillips avait observé que les sels de platine permettent d'oxyder sélectivement l'éthylène en acétaldéhyde, mais la réaction demeurait stoechiométrique et conduisait à du platine métallique. Ici, le palladium et le cuivre interviennent

simultanément et c'est ce couple rédox qui constitue le système catalytique.

Au plan cinétique la production d'acétaldéhyde obéit à la loi de vitesse :

$$V = k \text{ PdCl}_4^{2-} \text{ C}_2\text{H}_4 \text{ H}^+ \text{ Cl}^-$$

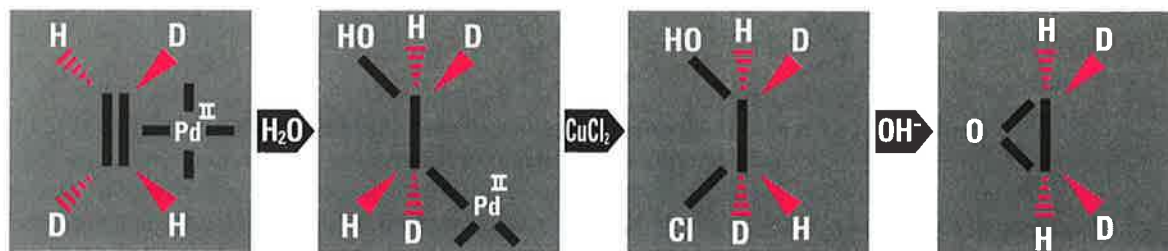
La sélectivité en acétaldéhyde atteint 95 %. Les sous-produits sont principalement de l'acide acétique, de l'acide oxalique, du crotonaldéhyde ainsi que de nombreux produits

chlorés : chlorométhane et chloroéthane, chloroéthanol, chloroéthanal, chlorocrotonaldéhyde, acide chloracétique...

Le mécanisme réactionnel

De très nombreuses études ont eu pour objet de comprendre le mécanisme détaillé de cette réaction. On admet désormais

que l'éthylène coordonné à du palladium (II) subit une attaque nucléophile exosphère comme l'ont montré des études de stéréochimie à partir de E-didéuterioéthylène :

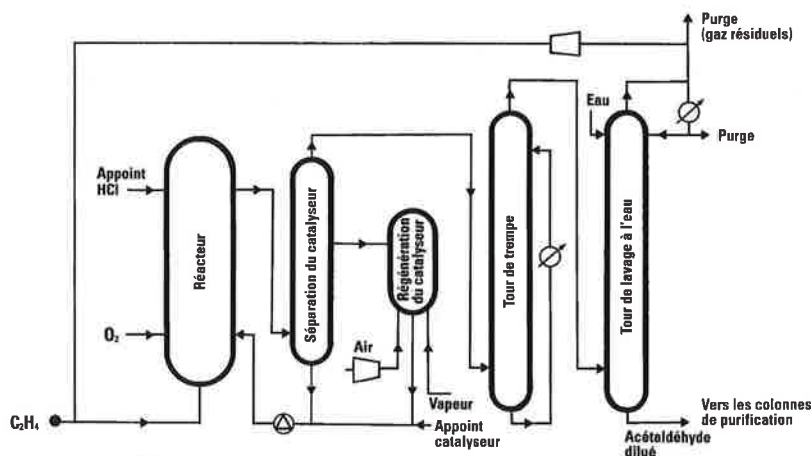


Il s'agit donc d'une trans-addition de l'eau à l'éthylène du complexe $[PdCl_3(C_2H_4)]^-$ et celle-ci est stéréospécifique.

Les procédés

Deux variantes industrielles ont parallèlement été mises au point. La première, proposée par Hoechst, utilise de l'éthylène et de l'oxygène de haute pureté, les fait réagir en une seule passe en les injectant, mélangés à de la vapeur d'eau de dilution, à la base d'un réacteur qui fonctionne à 3 bar et 120-130 °C (voir figure). Pour des problèmes de corrosion il faut du titane

comme matériau inerte. Ce réacteur a plus de 20 m de haut, comporte 10 à 15 plateaux perforés et contient un volant de solution catalytique. Le taux de transformation de l'éthylène est d'environ 35 %. La chaleur de la réaction sert à extraire, par distillation, l'acétaldéhyde et l'eau que l'on recycle, de sorte que l'on recircule environ 3 tonnes d'eau par tonne d'acétaldéhyde produit.



La deuxième variante, étudiée par Wacker Chemie, procède en deux étapes. L'éthylène est transformé presque complètement (97-98 %) et la régénération du catalyseur a lieu séparément dans un autre réacteur. L'oxydation a lieu à 110 °C et 10 bar. On peut utiliser de l'éthylène pur à 95 % et de l'air, mais

ces avantages sont contrebalancés par des investissements plus lourds du fait qu'un double système de réacteurs fonctionnant à une pression plus élevée est mis en œuvre et que le catalyseur est recirculé.

Pour en savoir davantage

Weissermel K., Arpe H.J., *Chimie Organique Industrielle*, Masson, 1981.

Chauvel A., Lefebvre G., Castex L., *Procédés de Pétrochimie*, tome 2, Editions Technip, 1986.

Smidt J., Hafner W., Jira R., Sieber R., Sedlmeier V., Sable A., *Angew. Chem.*, 1962, 74, 93.

Åkermark B., Bäckvall J.-E., Zetterberg K., *Acta chem. Scand.*, 1982, B36, 577.

Cette fiche a été préparée avec le concours de Ph. Kalck.

The Wacker Process

A cetaldehyde is a raw chemical product (1.2 Mt per year) mainly used in the manufacture of acetic acid and acetic anhydride, even though these chemicals are more and more currently produced by modern processes : methanol carbonylation (see CRS nr 4) and methylacetate carbonylation (see CRS nr 6). Beside industrial processes of oxidation in gaseous phase of C₃-C₄ alkanes, of dehydrogenation or of oxidation of ethanol, more than 90 % of the global output of acetaldehyde is due to the Wacker process of ethylene oxidation. At present, except a few plants in Eastern Europe, acetylene hydration plants have been closed, most of them for more than twenty years, not only owing to the high cost of acetylene compared to that of ethylene but also because a catalysis involving mercuric salts was necessary.

The catalyst

Discovered by Schmidt and coworkers from Wackers Chemie, the catalytic system for ethylene oxidation led, after a long phase of development, to an industrial process in 1956 and

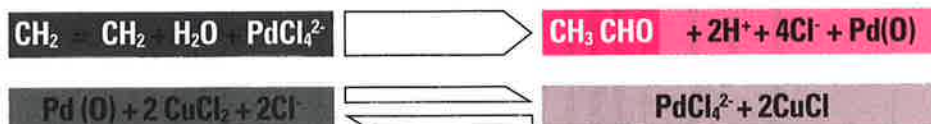
to the first plant in 1960.

The stoichiometric equation of the reaction is :



The catalytic system involves palladium which ensures the hydration of ethylene and cupric chloride necessary for reoxi-

dizing the palladium (0) into a palladium (II) salt :



In acidic medium, cuprous chloride is easily oxidized by air into cupric chloride :



Already in 1894, Phillips observed that platinum salts could oxidize selectively ethylene into acetaldehyde but the reaction remained stoichiometric and led to metallic platinum.

Actually, palladium and copper intervene simultaneously and the catalytic system is formed by this redox couple.

Acetaldehyde formation obeys the following kinetic law :

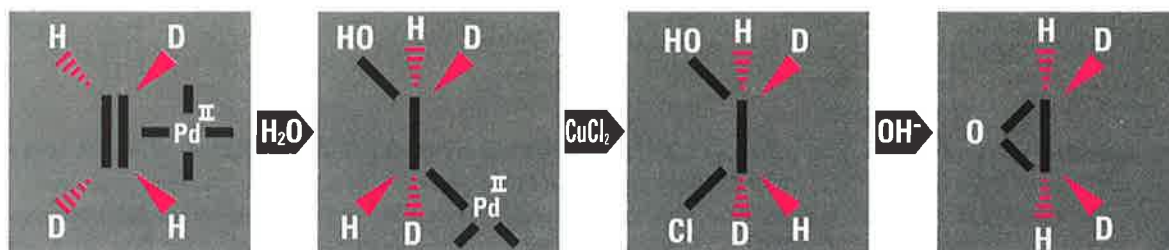
$$V = k \frac{[\text{PdCl}_4^{2-}] [\text{C}_2\text{H}_4] [\text{H}^+]^2}{[\text{Cl}^-]^2}$$

The selectivities into acetaldehyde reach usually 95 %, the by-products being mainly acetic acid, oxalic acid, crotonaldehyde as well as many chlorocompounds : chloromethane,

chloroethane, chloroethanol, chloroethanal, chlorocrotonaldehyde, chloroacetic acid...

The reaction mechanism

Numerous papers concerning the mechanism of this reaction have been published. Nowadays it is admitted that ethy-



This reaction involves a trans-addition of a molecule of water to ethylene coordinated to palladium in the complex

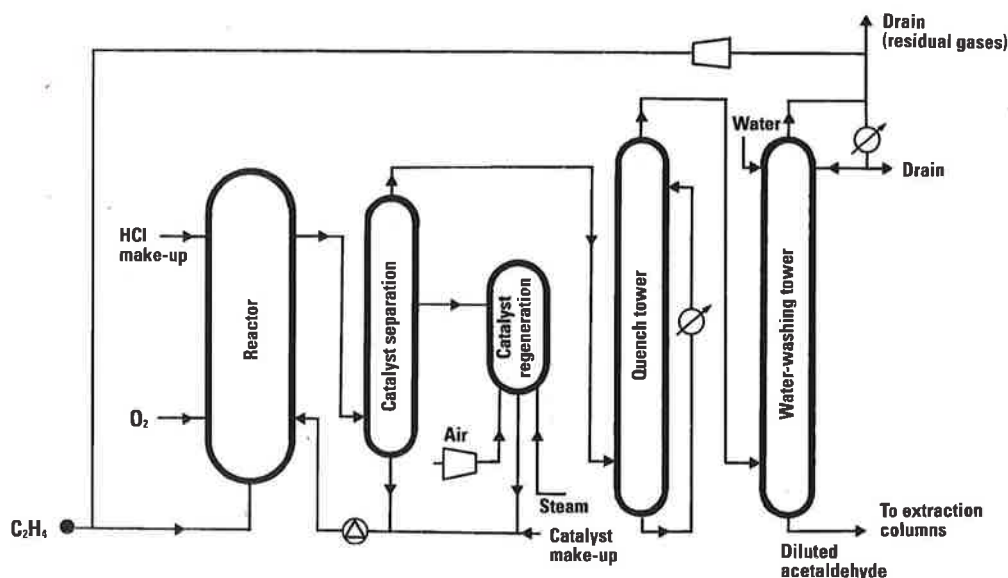
lene coordinated to a palladium (II) metal centre undergoes an external nucleophilic attack as has been demonstrated by stereochemical studies starting from E-dideuteroethylene :

$[\text{PdCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)]^-$. This addition is stereospecific.

The processes

Two industrial alternative processes have been developed at the same time. The one by Hoechst requires high pure ethylene and oxygen which, diluted with steam, can react in one pass by injecting them at the bottom of the reactor functioning at a pressure of 3 bar and a temperature of 120-130 °C (see figure). Because of many problems of corrosion, titanium is usually

chosen as inert material. The reactor is over 20 m high and is composed of 10 to 15 drilled plates and contains a reserve supply of catalytic solution. A 35 % conversion of ethylene is generally obtained. The reaction heat is used to extract by distillation acetaldehyde and water which can be recycled (3 t of water per ton of aldehyde).



The second process, studied by Wacker Chemie, requires two steps. Ethylene is almost fully converted (97-98 %) and the catalyst regeneration takes place in a separate reactor. Oxidation occurs at 110 °C, 10 bar and requires only ethylene

at 95 % and air. However these advantages are offset by bigger investments since there are two reactors which function at a higher pressure and since catalyst is recirculated.

Recommended reading

Weissermel K., Arpe H.J., *Chimie Organique Industrielle*, Masson, 1981.

Chauvel A., Lefebvre G., Castex L., *Procédés de Pétrochi-*

mie, tome 2, Editions Technip, 1986.

Smidt J., Hafner W., Jira R., Sieber R., Sedlmeier V., Sable A., *Angew. Chem.*, 1962, 74, 93.

Åkermark B., Bäckvall J.-E., Zetterberg K., *Acta chem. Scand.*, 1982, B36, 577.

L'industrie chimique française s'attend à une reprise encore limitée en 1994

En 1993, la chimie française a vu, sauf exception, ses résultats financiers se dégrader. Toutefois, en matière de production, elle a bien résisté grâce, notamment, à l'exportation. 1994 devrait connaître la fin de la baisse.

« Nous n'avons pas de fakir particulier dans la chimie » et cela semble bien embarrasser M. Bazile, Président de l'Union des Industries Chimiques (UIC) lors de la conférence de presse de présentation des résultats 1993. En guise de prévisions pour 1994, il donne les siennes, après avoir écarté celles habituellement répandues, du genre : « ça frémit », « ça va reprendre » : + 1,5 % de croissance pour la chimie en Europe et + 2 % en France.

Ces chiffres n'étant que des prévisions, M. Bazile conseille de les prendre avec prudence. Néanmoins, le ton se veut rassurant : à l'UIC « le sentiment général est que nous avons passé le creux de la vague. Ce qui semble acquis c'est que la baisse s'est arrêtée. On n'observe pas non plus de mouvement général de hausse. Nous pensons que ça sera progressif et lent ».

Parmi les facteurs qui poussent à l'optimisme, l'UIC en retient surtout quatre :

- les taux d'intérêts à court terme, pénalisants pour l'économie en 1993, reviennent progressivement à des niveaux plus acceptables ;
- le dollar a retrouvé une parité moins défavorable aux exportateurs européens, tout en restant encore trop faible ;
- les prix du pétrole et de la plupart des matières premières se situent encore

aux bas niveaux atteints au cours des derniers trimestres ;

- la réduction des endettements est en bonne voie, mais le comportement des particuliers demeure très prudent comme celui des entreprises et des banques.

Mais une interrogation majeure demeure : « l'Allemagne se dirige-t-elle vers la reprise ou la stagnation ? ». Le niveau de croissance en Europe en dépend.

Retour sur 93

L'année 1993 a été pour l'ensemble de l'industrie une année de faible conjoncture, voire de récession, dans de nombreux domaines. La chimie, qui est à l'amont de la plupart des autres secteurs industriels, n'a pas échappé à la tendance générale et a vu, sauf exception, ses résultats financiers se dégrader. Toutefois, en ce qui concerne la production, elle a mieux résisté grâce, notamment, à ses efforts à l'exportation.

Son comportement durant l'année écoulée appelle quatre constatations selon l'UIC :

- Le volume global d'activité de l'industrie chimique, pharmacie comprise, a augmenté de 1,3 %. Hors pharmacie, la croissance est de 0,2 %. Cette résistance s'explique par la pénétration continue des produits chimiques sur leurs marchés porteurs et par la tenue des exportations (*figures 1*).
- En revanche, le chiffre d'affaires a diminué de 1 % (hors pharmacie : - 2 %). Les difficultés de la chimie, en 1993, résultent beaucoup plus de la baisse des prix de vente - très contrastée, cependant, selon les domaines d'activité - que de la baisse des volumes.
- Le solde, toujours positif, du commerce extérieur s'est considérablement accru

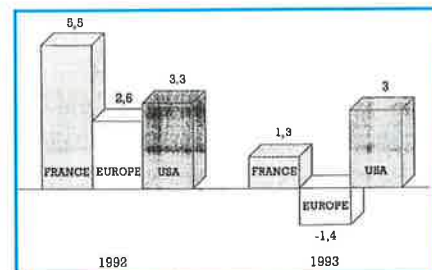


Figure 1 - Croissance en volume (%) en 1992 et 1993

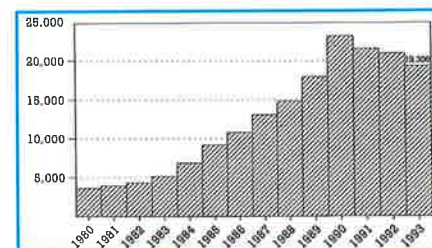


Figure 2 - Investissement industriel de la chimie en France (en millions de francs constants 1993-)

passant de 25 milliards de francs, en 1992, à un montant record voisin de 36 milliards, en 1993 (chiffres provisoires). La baisse des importations n'explique pas seule ce progrès important ; la chimie française a gagné vraisemblablement des parts de marché.

- Malgré l'existence de certaines surcapacités et les perspectives médiocres d'évolution de la demande, les entreprises chimiques ont maintenu leur effort d'investissement à un niveau élevé, plus de 19 milliards de francs (*figure 2*).

La chimie française, dans son ensemble, se serait mieux comportée que d'autres secteurs face au ralentissement économique général et à la faiblesse de la consommation. L'UIC voit là l'une des conséquences positives des efforts de restructuration et de développement réalisés au cours des dernières années.

M. H.

(d'après données UIC)

Rhône-Poulenc : bilan 93 en recherche et innovation

Le groupe Rhône-Poulenc a enregistré un niveau de résultat net 1993 en recul de plus de 30 %. Il a cependant progressé en termes de désendettement (9,615 milliards de francs), d'innovation, de productivité, et d'organisation interne.

Chiffres clés

Chiffre d'affaires : 80,6 milliards de francs (-1,4 %/1992) (figure 1).

Résultat opérationnel : 5,9 milliards de francs (-12,8 %/1992) (figures 2 et 3).

Résultat avant rémunérations prioritaires : 1,8 milliard de francs (-15,6 %/1992).

Résultat net par action ordinaire : 3,82 francs (- 40,3 %/1992).

Recherche et innovation

Rhône-Poulenc a poursuivi en 1993 son effort de recherche et développement, qui représente 8 % de son chiffre d'affaires contre 7,3 en 1992 (figure 4).

Fruits de cette recherche, des produits nouveaux ont été lancés.

Le secteur IOM a lancé :

- un pigment rouge à base de sulfure de cérium, inoffensif pour l'environnement, utilisé comme colorant des matières plastiques,

- un oxyde de cérium pour les pots catalytiques essence de seconde génération, adaptés aux nouvelles normes américaines et japonaises,

- un catalyseur de dépollution des gaz sulfurés, capable de détruire 99,9 % des rejets toxiques.

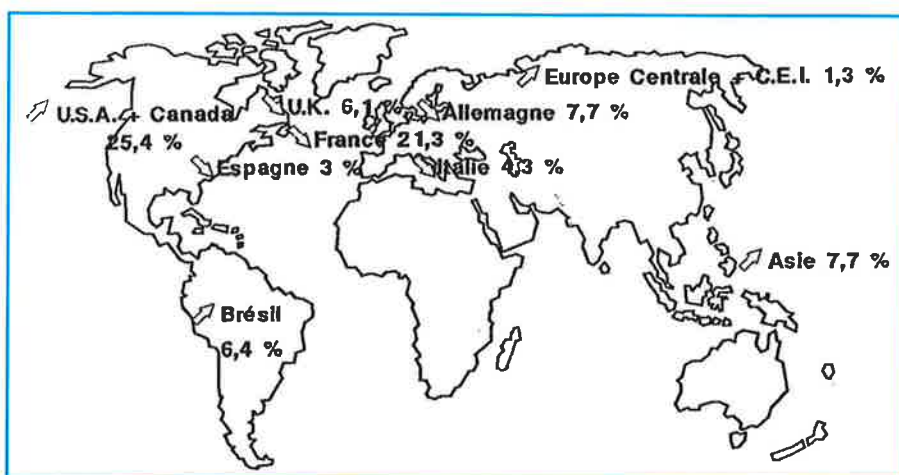


Figure 1 - Répartition du chiffre d'affaires dans les principaux pays.

Le secteur Spécialités chimiques a lancé :

- le Candalum, une nouvelle base aromatique pour savons, lessives et parfums,

- les Miranols, nouveaux tensio-actifs doux, biodégradables, pour savons et shampoings,

- deux nouveaux Rhodiastab, des

stabilisants du PVC utilisés notamment dans les profilés.

Le secteur Fibres et Polymères a mis au point :

- de nouveaux catalyseurs pour la fabrication du nylon permettant d'accroître la productivité et d'obtenir un polymère plus pur.

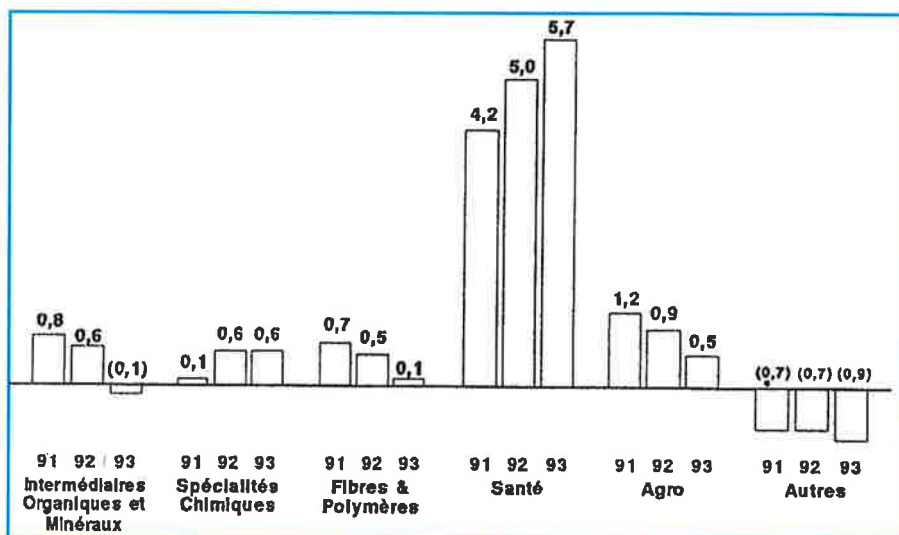


Figure 2 - Résultat opérationnel par secteur (en milliards de FF).

Il a lancé

- un nouveau film polyester pour l'emballage alimentaire sans danger lors de sa destruction par incinération,
- et développé une gamme de fils polyamide haute ténacité pour la fabrication de la nouvelle génération d'Airbag.

Dans le secteur santé

Rhône-Poulenc Rorer (figure 5), a poursuivi son effort de recherche et développement sur ses principaux axes stratégiques :

• dans le domaine du cancer

- en lançant en Europe, le Granocyte pour traiter les déficits en globules blancs consécutifs aux chimiothérapies,
- et en accélérant le développement du Docetaxel, agent anti-cancéreux particulièrement efficace pour traiter le cancer du sein ;

• en cardiologie

- en lançant aux États-Unis le Lovnox destiné au traitement des thromboses veineuses postopératoires ;

• dans le domaine des antibiotiques

- en développant le Zagam pour le traitement des infections respiratoires de l'adulte et le Synercid pour le traitement d'infections sévères.

Pasteur Mérieux Connaught a enregistré, dans une quarantaine de pays, son nouveau vaccin contre la méningite à Haemophilus B, devenu le premier produit de la société.

En santé animale, Rhône-Mérieux a commercialisé dans plusieurs pays européens :

- le Trivaction, un nouveau vaccin, contre les diarrhées néonatales du veau,
- et Indexel, un système d'identification des chats et chiens par une "puce" électronique, injectable sous la peau de l'animal et plus performant que le tatouage.

Rhône-Poulenc Animal Nutrition a lancé la Smartamine, une nouvelle présentation très innovante de méthionine pour ruminants.

Le secteur Agro a lancé :

- le Real, un fongicide par traitement des semences pour les céréales,
- et le Régent, un insecticide efficace sur de nombreuses cultures comme le maïs, le riz et le coton.

Par ailleurs, le programme Bioavenir continue à enregistrer des avancées importantes, avec notamment :

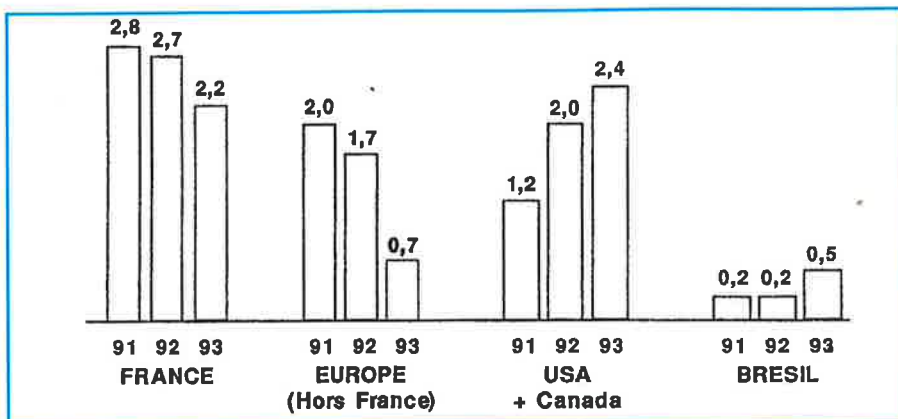


Figure 3 - Résultat opérationnel par zone géographique (en milliards de FF).

• en santé humaine :

- la possibilité de provoquer le retour du cholestérol vers le foie pour prévenir l'athérosclérose,
- et des perspectives de traitement par thérapie génique de maladies liées au vieillissement, de cancers et de maladies cardiovasculaires ;

• pour la protection des cultures :

- l'identification de cibles biochimiques permettant d'obtenir de nouveaux herbicides et fongicides actifs à faible dose et non toxiques pour l'environnement.

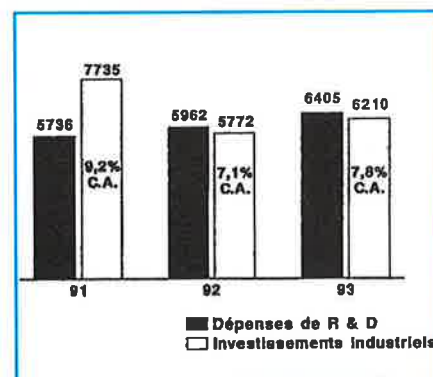


Figure 4 - Investissements industriels. Dépenses de recherche et développement (en millions de FF).

Perspectives 94

"Prudemment et objectivement, nous n'attendons rien en 94. L'expérience américaine nous fait dire qu'il faut se préparer à une période plus longue de difficultés". Pessimisme objectif donc dans les propos de Jean-René Fourtou (PDg. du groupe Rhône-Poulenc) qui rajoute très vite que "l'on ne se borne pas à attendre" et annonce pour 94 "4 lignes d'action de force" :

- 1) La consolidation du portefeuille d'activités avec acquisition de "certaines activités d'appoint" et la poursuite du

programme de "cessions stratégiques".

- 2) Créer des entités de travail à taille humaine focalisées sur un marché afin de "bénéficier des avantages d'un grand groupe et de l'esprit d'équipe d'une PME".

- 3) Poursuite de l'effort en R et D dont les résultats significatifs sont "plutôt attendus à partir de 1996".

- 4) Abaisser encore le niveau d'endettement "tout en faisant tout ce qu'on a prévu".

M. H

(sources et clichés Rhône-Poulenc.)

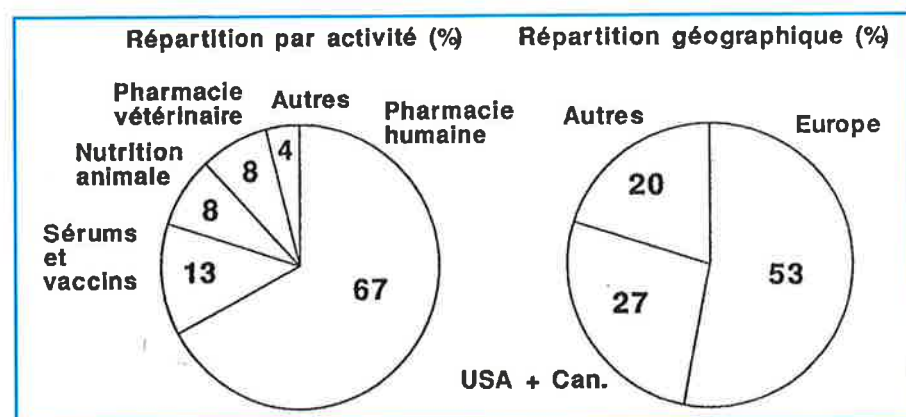


Figure 5 - Répartition du chiffre d'affaires du secteur santé 1993.

RHÔNE-POULENC EN CHINE

Le département Plastiques techniques du secteur Fibres et polymères de Rhône-Poulenc (chiffre d'affaires 1993 : un milliard de francs) va s'implanter en Chine pour développer la fabrication des poudres à mouler en polyamide 66.

La société Longma Engineering Plastics, localisée à Shanghai, disposera d'un capital de 7,5 millions de dollars américains détenu par China Shen Ma Tyre Cord Fabric Group Co (49 %), le plus important producteur chinois de fil nylon 66 industriel, et Rhône-Poulenc (51 %).

Un premier investissement de 30 millions de francs sera réalisé en 1994 pour créer une unité de compoundage de 3500 tonnes par an de polyamide 66 et un centre technique destiné au développement d'applications nouvelles pour l'industrie automobile et l'industrie du matériel électrique.

Dès 1997, la capacité de l'installation serait doublée.

Rhône-Poulenc, 25 quai Paul-Doumer, 92408 Courbevoie Cedex. Tél. : (1) 47.68.10.03. Fax : (1) 47.68.02.26.

ABB EN RUSSIE

ABB vient de former une société en joint-venture avec Nevsky Zavod, l'un des principaux constructeurs de turbines à gaz et vapeur en Russie. La nouvelle société "ABB Nevsky" fabriquera les derniers modèles de turbines ABB, ainsi que des centrales de production d'énergie et des équipements pour le marché russe.

Basée à Saint-Petersbourg en Russie, la société est détenue à 80 % par ABB et à 20 % par Nevsky Zavod.

ABB Nevsky devient ainsi complémentaire de ABB Uniturbo, implantée en 1993 à Moscou pour fournir des services d'ingénierie et des équipements

En bref

pour le secteur de la production d'énergie en Russie.

ABB, 6, rue des Peupliers, 92004 Nanterre Cedex. Tél. : (1) 47.69.72.00. Fax : (1) 47.82.11.62.

NOUVEAU COMPLEXE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS MÉNAGERS

Le président de la communauté urbaine du Creusot-Montceau et le directeur du département des Équipements collectifs du Crédit National ont signé, en présence du directeur général d'Éco-Emballages, le contrat du prêt finançant la construction, au Creusot-Montceau (Saône-et-Loire), d'un complexe de traitement de déchets.

Sélectionné par Eco-Emballages, ce projet est fondé sur un tri sélectif à la source, basé sur trois types de collecte :

- les verres et plastiques, d'une part, et les papiers et cartons, d'autre part, dans des containers spécifiques,
- les déchets domestiques susceptibles de fermentation dans des sacs spéciaux,
- les autres déchets selon la collecte traditionnelle.

Quatre filières de traitement spécialisées permettent ainsi un recyclage massif.

L'originalité de cette méthode repose sur l'installation, en un même site, de techniques différenciées en fonction de la nature des déchets et sur la recherche de synergies entre les différents process.

Groupe Crédit National, 45, rue Saint-Dominique, 75700 Paris. Tél. : (1) 45.50.93.76. Fax : (1) 44.18.02.69.

ORBIT : UNE ACQUISITION MAJEURE POUR QUESTEL

Questel, groupe France Télécom, a signé un protocole d'accord avec Infopro Technologies (États-Unis), en vue d'acquiescer les activités d'Orbit. Questel deviendra ainsi un leader mondial de l'information professionnelle électronique, dans le domaine stratégique de la propriété industrielle.

Cette acquisition se réalisera dans un contexte de cession globale de la société InfoPro Technologies, dont les autres activités, le serveur BRS Online et la division BRS Software, seront reprises respectivement par les sociétés américaines CD Plus Technologies et Dataware Technologies.

L'ensemble Questel/Orbit ainsi constitué représentera un chiffre d'affaires de 230 millions de francs. Les utilisateurs actuels de Questel et d'Orbit se verront ainsi proposer le catalogue mondial le plus exhaustif dans le domaine des brevets, intégrant les meilleures sources européennes, américaines, japonaises ou même chinoises. Il en sera de même dans le domaine des marques.

Questel Groupe France Télécom, Le Capitole, 55, avenue des Champs Pierreux, 92029 Nanterre Cedex. Tél. : (1) 46.14.55.55. Fax : (1) 46.14.55.11.

GIE DE MÉTROLOGIE ENTRE GIAT INDUSTRIES ET SOMELEC

Les sociétés Somelec et Giat Industries viennent de créer un groupement d'intérêt économique

(GIE) dans le domaine de la métrologie.

Ce GIE concrétise la synergie entre Somelec, spécialiste en métrologie ainsi qu'en maintenance électrique et la branche Gitech de Giat Industries, spécialiste en métrologie dans les domaines des grandeurs mécaniques.

GIAT industries, 78034 Versailles Cedex. Tél. : (1) 30.97.37.37. Fax : (1) 30.97.39.00.

SEARLE INVESTIT À ÉVREUX

L'acquisition par Searle de l'usine d'Évreux a permis à ses 180 salariés de conserver leur emploi menacé par la fermeture envisagée du site. La première phase du plan d'investissement couvre les années 1988 à 1992 et représente, achat compris, un montant de 250 millions de francs.

Le volume total de l'investissement se répartit entre le programme de rénovation de l'usine, l'achat d'un équipement de production sophistiqué et l'organisation d'un réseau de systèmes d'information.

Selon Alexandre Ruiz, directeur général de l'usine "Aujourd'hui, notre site à vocation internationale, pour conserver sa place prépondérante dans le groupe doit maintenir son excellence industrielle, sa double compétence (production de médicaments et de produits alimentaires à base d'aspartame tel que Canderel) et obtenir l'assurance de pouvoir lancer la production de nouveaux médicaments".

Dès 1995, 34 % de l'activité du site de production d'Évreux seront destinés à l'exportation européenne.

Laboratoires Searle, 52, rue Marcel Dassault, 92514 Boulogne-Billancourt Cedex. tél. : (1) 47.61.78.00. Fax : 47.61.00.08.

Œuvres de Lavoisier.**Correspondance, 1787-1788, vol. 5**

Édition dirigée par *Michelle Goupil*,
Académie des Sciences, Paris, 1993,
322 p., 620 F

Lavoisier s'est intéressé à des domaines très variés que reflète sa correspondance. Aussi, pour achever la publication des *Œuvres* de Lavoisier éditées par J.-B. Dumas et E. Grimaux (6 vol. 1864-1893), l'Académie des sciences a-t-elle chargé, en 1948, une équipe internationale de spécialistes de l'édition critique de sa Correspondance : le Comité Lavoisier a publié trois volumes sous la direction de René Fric (1955, 1957 et 1964) puis un autre sous celle de Michelle Goupil (1986). Avant sa disparition soudaine, celle-ci avait achevé la préparation du volume 5 (parution septembre 1993). L'entreprise se poursuit sous la direction de Patrice Bret - trois volumes sont encore prévus.

Le volume 5 de la *Correspondance* de Lavoisier (308 lettres de 1787-1788) couvre une période particulièrement riche en événements importants, tant pour l'histoire des sciences que pour l'histoire politique à la veille de la Révolution française.

De nombreuses lettres concernent l'achèvement de la révolution chimique, avec la publication de la *Méthode de nomenclature chimique* (1787), la réfutation de l'*Essay on Phlogiston* de Kirwan (1788), la préparation des *Annales de chimie* (1789). Si le minéralogiste Sage refuse d'adhérer à la «confédération chimique», les savants étrangers commencent à rallier la nouvelle théorie. Mais la part belle est faite à des questions plus techniques, depuis la rigoureuse gestion quotidienne des monopoles de la Ferme générale ou de la Régie des Poudres et Salpêtres jusqu'aux questions de santé publique et d'urbanisme, en passant par les arts et métiers ou les questions d'agriculture. On trouve encore quelques factures non dénuées d'intérêt, soit pour des analyses sous-traitées, soit pour des instruments scientifiques ou le fameux portrait du savant et de sa femme par David - qui forment d'ailleurs quelques uns des huit hors-texte (dont six en couleurs). Enfin, l'activité politique de Lavoisier pointe dans les nombreuses lettres qui concer-

nent l'assemblée provinciale de l'Orléanais, institution éphémère à la veille des états généraux de 1789.

Sept annexes complètent utilement les notes critiques qui accompagnent chaque lettre : Chronologie 1787-1788 (H. Guerlac, C. Perrin, R. Taton, M. Goupil), Lavoisier et les projets de reconstruction de l'Hôtel-Dieu (M. Valentin), La Régie des Poudres et Salpêtres 1775-1792 (P. Bret), L'équipe de Lavoisier et le couronnement de la révolution chimique (M. Goupil), La *Description des Arts et Métiers* (M. Goupil), Lavoisier et le problème du méphitisme des fosses d'aisance (M. Valentin), Lavoisier et l'assemblée provinciale de l'Orléanais (P. Savoie).

P.B.

Scanning Tunnelling Microscopy and Spectroscopy . Theory, Techniques and Applications

sous la direction de *Dawn A. Bonnell*,
VCH Publishers Inc., 1993

Les techniques de microscope utilisant les champs à faible distance (champ proche) et les effets de pointe ont été pressenties depuis plus de cinquante ans et la microscopie à effet de champ de Muller en 1937 était une tentative qui suscita déjà un très grand intérêt, sans permettre vraiment une utilisation systématique.

C'est cependant il y a dix ans que G. Binig et H. Rohrer, mettant à profit les très grands progrès de l'électronique et de l'informatique, réussirent à donner l'image, dans l'espace réel, d'une surface (111) de silicone ; la microscopie à effet tunnel (STM) était née.

L'impact de la microscopie à effet tunnel s'étend largement au delà de la technique originale et le développement de l'utilisation de l'effet tunnel permet des mesures locales, à l'échelle de la fraction de nanomètre, permettant la détection locale des forces atomiques superficielles (technique de la microscopie à effet tunnel (STM), à effet de force atomique ou AFM), l'étude de gradient thermique, de force magnétique, d'émission ou d'adsorption photonique sur des échantillons localisés. A l'exception de la STM et de l'AFM, ces techniques sont cependant très spécialisées et l'ouvrage édité sous la direction

de D.A. Bonnell se limite à ces deux techniques.

Le contenu de cet ouvrage collectif est bien décrit par les titres des chapitres :

I. Fondements de la STM (introduction, construction et utilisation du microscope, théorie de la STM, méthodes).

II. Structure des échantillons et pointes (structure superficielle des surfaces solides - préparation des pointes et surfaces).

III. Techniques apparentées et leur application. Microscopie à effet force - microscopie par émission balistique (BEEM) - application de la STM en électrochimie - application biologique.

Bien présenté et illustré, d'une lecture généralement aisée, cet ouvrage rendra de grands services dans tous les laboratoires utilisant la STM et l'AFM. Il faut remarquer que les résultats publiés sur les surfaces systématiquement étudiées ces dernières années, tant en STM (carbones, métaux, polymères conducteurs, etc.) qu'en AFM (substances biologiques, etc.) ne font pas l'objet de chapitres détaillés et que cet ouvrage manque d'un index des auteurs qui en faciliterait l'usage et dont on peut regretter l'absence.

J.-B. D.

Structures électroniques et liaisons chimiques

sous la direction de *Jean-René Lalanne*
Masson, Paris 1992.

La chimie quantique semble susciter en ce moment en France un réel intérêt. C'est du moins ce que l'on est tenté de penser en voyant apparaître, de plus en plus nombreux sur les catalogues des éditeurs, des ouvrages consacrés à cette discipline. Et c'est très bien ainsi.

S'il ne fait maintenant de doute pour personne que toutes les subtilités de la chimie sont à rechercher dans les propriétés du nuage électronique entourant les noyaux au sein des molécules, plus d'un chimiste conserve un souvenir pour le moins mitigé des explications «théoriques» qui venaient agrémenter leurs cours, et qui se ramenaient souvent à un dosage subtil d'effets antagonistes tels l'effet inductif et l'effet mésomère, de sorte que l'impression qui prévalait souvent était qu'il valait mieux connaître la réponse avant de se

hasarder à une explication. Les temps ont beaucoup changé et le mérite en revient moins aux chimistes théoriciens qu'à l'industrie de l'informatique qui met maintenant à la disposition de tout un chacun des stations de travail permettant d'entreprendre des calculs souvent très raffinés pour un coût très réduit et surtout avec des temps de réponse remarquablement courts. D'autre part, le graphisme moléculaire permet de remplacer d'austères tableaux de chiffres par des figures très élaborées qui, comme chacun sait, en disent beaucoup plus et en beaucoup moins de temps que nombre de longs discours, fussent-ils numériques. C'est ainsi que la modélisation moléculaire a fait une entrée très remarquée dans les laboratoires et que la modélisation des propriétés électroniques prend une place de plus en plus grande à côté de tout ce qui concerne la représentation purement tridimensionnelle des objets moléculaires.

L'ouvrage qui nous intéresse ici tranche, par rapport à ceux qui l'ont précédé, par une originalité certaine. Cette originalité résulte tout d'abord de sa genèse. Il s'agit en effet d'un ouvrage collectif, auquel ont participé des professeurs de l'université de Bordeaux I, des directeurs de recherche au CNRS, mais également des professeurs agrégés de sciences physiques qui ont rédigé ce texte à la suite d'une université d'été, tenue en juillet 1990, et qui était destiné à des enseignants issus des trois cycles de l'enseignement du second degré.

Cette originalité se manifeste enfin dans le contenu de l'ouvrage. Celui-ci est divisé en 4 parties d'importance très inégale. Une première partie, peut-être un peu courte, présente l'aspect historique du concept de liaison chimique.

La deuxième partie, constituée d'un seul chapitre intitulé «Mécanique quantique et symétrie moléculaire» est de loin la plus longue puisqu'elle représente à elle seule la moitié du volume de l'ouvrage. Elle consiste essentiellement en un traité de mécanique quantique illustré par la représentation traditionnelle de la structure électronique des atomes, ainsi qu'une introduction très détaillée de la prise en compte de la symétrie des systèmes, et plus particulièrement des molécules dans la recherche des solutions de l'équation de

Schrödinger des systèmes. La troisième partie est plus particulièrement consacrée à l'étude de la liaison chimique avec un premier chapitre dans lequel le phénomène de liaison est analysé à l'aide de l'approche de Berlin qui distingue, dans le nuage électronique, des zones liantes et antiliantes. Cette façon de faire présente l'avantage de permettre d'analyser la liaison dans les molécules diatomiques homonucléaires sur une base relativement classique mais à l'inconvénient d'être difficilement généralisable aux molécules polyatomiques.

Celles-ci sont analysées dans le chapitre suivant à l'aide de la méthode des orbitales moléculaires qui est introduite avec suffisamment de détails. Les équations de Hartree-Fock y sont en particulier présentées, ce qui permet d'introduire le lecteur aux méthodes modernes de calculs de structures électroniques moléculaires. Partant de l'exemple de la molécule d'eau, les auteurs analysent les propriétés des orbitales moléculaires dites canoniques délocalisées et montrent ensuite comment il est possible de transformer celles-ci en fonctions localisées plus proches du concept classique de liaison interatomique dont les propriétés sont assez complètement analysées en les comparant à celles des orbitales moléculaires.

Le chapitre passe ensuite au problème de la corrélation électronique et aux méthodes utilisées pour la prendre en compte. Il se termine par des réflexions et des exercices pratiques sur des méthodes courantes utilisés pour prédire la géométrie des édifices moléculaires, ainsi que sur des méthodes pratiques de calculs d'orbitales moléculaires, en particulier la méthode de Hückel et un certain nombre de ses applications courantes en chimie allant jusqu'à l'introduction des règles de Woodward et Hoffman.

La quatrième et dernière partie de l'ouvrage est constituée d'annexes informatiques. Il s'agit essentiellement de la présentation de logiciels didactiques diffusés par l'Union des Physiciens, ainsi que les exemples d'applications pour illustrer différents chapitres de l'ouvrage.

En conclusion, il s'agit là d'un ouvrage extrêmement intéressant quoique de construction assez disparate, qui fourmille de remarques intéressantes et qui

présente l'avantage de prendre très largement en compte l'aspect historique des phénomènes étudiés.

Je ne saurais trop recommander la lecture de cet ouvrage à tous ceux qui sont amenés à enseigner la chimie et à se référer à un moment ou à un autre à des propriétés électroniques ou à des caractéristiques de liaisons, c'est-à-dire à pratiquement tous les chimistes. Ce public dépasse largement celui des enseignants du second degré pour lesquels l'exposé a été plus particulièrement pensé. Il est susceptible de nourrir une réflexion intéressante pour les enseignants des classes préparatoires et des premiers cycles des universités, mais je serais bien étonné qu'il se trouve un chimiste qui referme cet ouvrage sans avoir eu l'impression d'avoir été conduit en dehors des sentiers battus dans une réflexion particulièrement roborative sur ce qui constitue, qu'on le veuille ou non, la base de notre science.

J.-L. Rivail.

Livres parus

Coagulation and Flocculation. Theory and Application (Surfactant Science Series n° 47), par Bohuslav Dobias. Relié, 720 p., Marcel Dekker, New York, 1993.

Polymer Chemistry. An Introduction (3e édition) par R.B. Seymour, C.E. Carraher, relié, 655 p., Marcel Dekker, New York, 1993.

Ion Exchange and Solvent Extraction (a Series of Advances), vol. 2 sous la direction de J.A. Marinsky, Y. Marcus, relié, 400 p., 195 \$, Marcel Dekker, New York, 1993.

Microbiologie industrielle. Les micro-organismes d'intérêt industriel (Collection Sciences et Techniques Agro-Alimentaires), sous la direction de J.Y. Leveau, M. Bouix, relié, 608 p., 674 F, Technique et Documentation, Lavoisier, 1993.

Réussir la formation professionnelle des jeunes, Conseil National du Patronat Français, broché, 168 p., Les Editions d'Organisation, 1993.

Structure électronique des molécules. 1. De l'atome aux molécules simples (cours et exercices corrigés, 1er cycle universitaire), par Y.J.F. Volatron, broché, 179 p., Ediscience, 1993.

SPECTROMÈTRES À ÉMISSION OPTIQUE

Le nouveau système ARL SMS-1000 de Fisons Instruments constitue la deuxième génération d'analyseurs de métaux automatiques. Les systèmes existants ont prouvé que des robots, des machines de préparation des échantillons, des spectromètres à émission optique et des logiciels très complets peuvent fonctionner efficacement dans un environnement non surveillé.

Le recours à des technologies récentes a grandement amélioré les possibilités du système. Par exemple, l'intégration de techniques de contrôle statistique de processus permet la surveillance des performances de l'instrument, tout en garantissant une meilleure disponibilité du système pour la préparation et l'analyse des échantillons de production.

ARL Applied Research Laboratories En Vallaire
Ouest C, CH-1024 Ecublens, Suisse. Tél. : 41 (021) 694 71 11 Fax : 41 (021) 694 71 12

SPECTROMÈTRE À FIBRES OPTIQUES « HORS DE VUE »

Le nouveau PC 1000 d'Ocean Optics Inc s'enfiche directement dans tous les PC compatibles de niveau 386 ou 486, et analyse la lumière qui est envoyée à son connecteur SMA standard au moyen d'une fibre optique peu coûteuse. L'unité peut être aisément configurée pour les mesures d'absorbance, de transmission, de réflectance, de radiance ou de fluorescence.

Ce nouveau spectromètre est « invisible » pour l'utilisateur, puisqu'il ne nécessite qu'un emplacement de carte dans le PC et n'occupe aucun espace sur table. Son prix modique inclut le nouveau (et incroyablement performant) logiciel SpectraScope. Il suffit d'enficher le PC 1000 dans votre ordinateur, de connecter la fibre optique... et de commencer les mesures.

Le PC 1000 utilise une matrice CCD linéaire comme détecteur et peut être obtenu avec adaptation à l'U., au visible ou à l'I. proche dans une gamme s'étendant de 200 à 1000 nm.

NEOC, New Electro-Optical Concepts Chemin Macors, 17 - B-4052 Beaufays (Belgique). Tél. : 32 41-68 79 29 Fax : 32 41-68 79 29

SPECTROMÈTRE SÉQUENTIEL DE FLUORESCENCE X

Avec X'Unique II, Philips Analyse Rayons X présente un ensemble analytique en fluorescence X, flexible et économique, combinant un spectromètre séquentiel et un logiciel d'analyse complet UniQuant 2.

Appareils

Développé à partir de plusieurs générations d'instruments, le système est basé sur un spectromètre séquentiel de fluorescence X compact, piloté par un microprocesseur et exploité via un ordinateur personnel.

L'instrument comporte :

- un goniomètre construit avec précision,
- un générateur 3 kW/100 kV,
- un tube à rayons X à fenêtre latérale.

Un large choix de tubes à simple ou double anode, associé à une sélection de filtres et à d'autres options, offre une très grande flexibilité pour adapter des configurations individuelles à des besoins spécifiques.

Le système est livré avec un logiciel analytique complet : UniQuant 2. Ce logiciel permet d'effectuer des mesures semi-quantitatives, sans étalon, sur des matériaux inconnus, après seulement un court apprentissage de la méthode, en utilisant une série d'échantillons références fournis.

Applications attendues

Environnement : analyse des huiles usagées (recherche des additifs, polluants...), des lubrifiants, des matières plastiques, des filtres d'air, des eaux résiduaires, des sols (recherche de cadmium, plomb, mercure...), analyse des éléments traces (10 et 100 ppm), etc.

En laboratoire : analyse rapide d'un matériau dont la composition est totalement inconnue.

Philips, Division Science et Industrie, 22, av. Descartes, BP 45, 94454 Limeil Brevannes Cedex. Tél. : (1) 45.10.53.70. Fax : (1) 45.10.53.71.

SPECTROMÈTRES DE MASSE

Dans le souci de faire connaître sa gamme de spectromètres de masse, Finnigan MAT a édité une brochure qui met en évidence, à l'aide d'un tableau synoptique, la variété des techniques utilisées tout en faisant deviner aisément les nombreux domaines d'applications concernés.

Si vous désirez la recevoir, appelez le (1) 69.41.98.00 ou adressez un message télécopié au (1) 69.41.98.16, des spécialistes vous conseilleront quant au choix du matériel en fonction de votre application analytique et de votre budget.

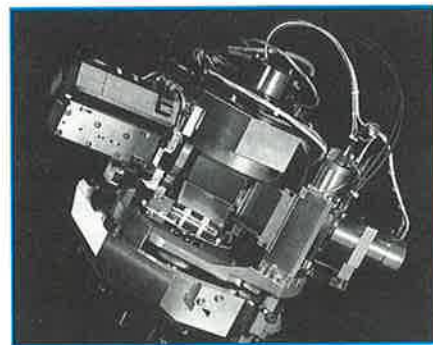
Finnigan MAT, Parc Club Orsay Université - 2, rue Jacques Monod, 91893 Orsay Cedex.. Tél. : (1) 69.41.98.00. Fax : (1) 69.41.98.16.

GONIOMÈTRE

ARL/Fisons Instruments présente la troisième génération du goniomètre le plus rapide (4 800 °/min) et le seul à entraînement direct en fluorescence de rayons X.

Sous le nom de code F4, le nouveau goniomètre à entraînement direct bénéficie de plus de dix ans d'expérience en positionnement par lecture électro-optique et franges de Moiré pour les applications d'analyse FX. La nouvelle conception fait appel à deux petits réseaux circulaires pour le positionnement du cristal et du détecteur, amenant ainsi la reproductibilité à moins de $\pm 0,0002^\circ$!

Le goniomètre dispose de la plage angulaire la plus étendue en FX : 0° à 155° , ce qui autorise la mesure FX des éléments béryllium ($Z = 4$) à uranium ($Z = 92$) dans les meilleures conditions.



ARL Applied Research Laboratories, En Vallaire
Ouest C, CH-1024 Ecublens, Switzerland. Tél. : +41 (021) 694.71.11. Fax : +41 (021) 694.71.12.

DIONEX REPOUSSE LES LIMITES DE L'ANALYSE DES IONS ORGANIQUES ET INORGANIQUES

Le système DX 500, complètement biocompatible, assure des applications telles que l'analyse des protéines, des peptides, des acides nucléiques, des sucres, des acides organiques, etc.

Il est composé de modules superposables et interconnectés qui peuvent être combinés de façon à couvrir tous les domaines d'applications de la chromatographie ionique. Ces modules sont tous munis d'un panneau de contrôle similaire et toutes leurs connexions sont accessibles par l'avant.

Un réseau d'automatisation et de communication très rapide, le DX LANTM, permet à tous les modules de communiquer directement avec un micro-ordinateur qui peut lui-même être relié à un réseau de type Ethernet.

Le DX 500 comprend également une pompe isochratique ou à gradient quaternaire, complétée par un ou plusieurs détecteurs conductimétriques, électrochimiques ou spectrométriques.

Tous ces éléments sont construits avec des matériaux chimiquement inertes ce qui permet l'utilisation de tampons ou de solvants les plus corrosifs.

De plus l'utilisation de l'AutoSuppression™ rend la détection conductimétrique 100 fois plus sensible que les autres techniques d'analyse ionique tout en autorisant l'utilisation de gradients d'éluion.

Dionex, 98, rue Albert Calmette, 78350 Jouy en Josas. Tél. : (1) 39.46.08.40. Fax : (1) 30.70.69.16.

STATION DE CHIMIE DES PROTÉINES HP

Hewlett-Packard a annoncé l'introduction en Europe d'un nouvel instrument pour le laboratoire de chimie des protéines. La station de chimie des protéines HP G1004B est un instrument de paillasse automatisé pour la réalisation de manipulations sur des échantillons immobilisés sur des colonnes spéciales, préalablement à une chromatographie en phase liquide hautes performances (CLHP) ou une analyse de séquence.

La station de chimie des protéines HP G1004B exploite la même technologie de colonnes adsorbantes utilisée dans le système de séquençage des protéines pour l'immobilisation des échantillons durant les manipulations. La colonne autorise le chargement direct d'échantillons de matrices complexes ou de solutions diluées, réduisant ainsi le nombre d'étapes de manipulation et les pertes d'échantillon.

Les solutions d'échantillons peuvent contenir un nombre considérable de contaminants tels que des sels, des tampons non volatils, des détergents et des surfactants qui interfèrent souvent avec les manipulations souhaitées. Avec la station HP G1004B, ces manipulations sont réalisées de façon reproductible dans un environnement clos et inerte, à l'abri de la lumière, afin d'éviter les réactions d'oxydation indésirables tout en limitant l'exposition de l'analyste aux produits chimiques agressifs. Après réaction, les colonnes de la station de chimie des protéines peuvent être présentées directement au séquenceur HP G1005A ou placées dans l'adaptateur fourni pour l'analyse CLHP (cartographie peptidique par exemple) sur n'importe quel instrument de chromatographie en phase liquide.

Hewlett Packard, 2, avenue du Lac, 91040 Évry Cedex. Tél. : (1) 69.91.80.00. Fax : (1) 69.91.84.99.

AUTOMATISATION DES ANALYSES PHOTOMÉTRIQUES

Perkin Elmer introduit un nouveau système FIA en spectrophotométrie. Celui-ci augmente l'efficacité du laboratoire par une diminution du temps d'analyse, une augmentation du débit et une amélioration de la qualité des résultats. La consommation de réactifs et la quantité des rejets chimiques sont réduites de manière significative.

Le nouveau système Lambda-FIA de Perkin Elmer est un système analytique complet; il comprend : le FIAS 200 avec deux pompes programmables séparément, une vanne d'injection, un réacteur chimique et toutes les tubulures nécessaires. Il comprend également un passeur d'échantillons AS 90 avec différents portoirs pouvant aller jusqu'à 152 échantillons.

Le cœur du système est le Lambda 2, spectrophotomètre UV/Vis à balayage couvrant la gamme 190-1100 nm, lequel sert comme détecteur FIA, mais qui peut également être utilisé comme spectrophotomètre UV/Vis conventionnel. Tous les éléments du système sont contrôlés à partir d'un PC par le logiciel PEFIA. Il permet différents modes d'évaluation des pics, un étalonnage à partir d'une courbe appropriée, une détection de bulles, et la sortie d'un bulletin analytique.

Perkin Elmer, BP 304 - 78054 Saint Quentin en Yvelines Cedex. Tél. : (1) 30.85.63.63. Fax : (1) 30.85.63.00.

GÉNÉRATEURS D'AZOTE À PARTIR D'AIR COMPRIMÉ

Deux nouveaux modèles de générateurs d'azote Balston, disponibles chez Whatman produisent un flux continu d'azote, d'une pureté à 99,5 %, directement à partir d'air comprimé, éliminant ainsi le besoin d'acquisition, de manutention et de stockage de gaz en bouteille.

Ces deux modèles, types 75-720 et 75-72, peuvent produire jusqu'à 42 litres d'azote par minute à des pressions réglées de 4 à 10 bar. Le 75-720 incorpore un analyseur d'oxygène qui contrôle l'oxygène dans le flux d'azote. Une alarme sonore signale les hautes et les basses concentrations d'oxygène, les paramètres sont ajustables pour convenir à l'application.

Les générateurs Balston produisent de l'azote en utilisant une combinaison de techniques de filtration et de séparation. L'air comprimé est prétraité par des filtres de haute efficacité qui abaissent toute contamination d'huile, d'eau et de solides à 0,1 micron.

Balston, 4, rue de la Créativité, BP 255, 59665 Villeneuve d'Ascq. Tél. : 20.47.38.39. Fax : 20.47.30.48

POTENTIEL ZETA

Le zétaphorémètre II est le fruit de la collaboration entre la société Sephy et l'université de Caen, et l'aide de l'ANVAR.

Conçu de façon modulaire, il permet la mesure de la mobilité électrophorétique à l'aide d'un ultramicroscope et d'une cellule à canal de migration interchangeable. Le logiciel, fonctionnant sur PC compatible assure la convivialité de l'ensemble grâce au didacticiel incorporé.

La configuration de base comprend un microscope Nikon ainsi qu'une cellule de mesure 4 électrodes avec canal en quartz interchangeable et capteur de température in situ.

L'électronique est réalisée à partir d'un boîtier 19 pouces qui peut recevoir les options telles que la mesure de pH ou le dispositif de transfert automatique d'échantillon.

Sephy, 6, allée des Diziaux, 91470 Limours. Tél. : (1) 64.91.50.62. Fax : (1) 64.91.24.29.

UN NOUVEAU STANDARD D'EAU ULTRAPURE

L'addition d'une lampe à UV d'un type particulier au système de production d'eau ultrapure Milli-QTM Plus (Millipore) permet d'établir un nouveau standard de qualité d'eau : une résistivité de 18,2 Mégohm-cm et un niveau de carbone organique total (COT) < p.p.b.

Les ultraviolets sont traditionnellement utilisés dans le traitement d'eau pour leur effet bactéricide (254 nm). La lampe à mercure basse pression du système Milli-Q 185 Plus émet à 254 nm mais a été spécialement développée pour optimiser l'émission du rayonnement à 185 nm.

C'est cette double émission qui permet la photo-oxydation des composés organiques dissous. Les produits de dégradation sont ensuite fixés par les différents étages de purification du Q-Pak™.

Les applications concernées sont par exemple : CG, CG/SM, CI, la préparation de réactifs critiques en biologie moléculaire et de milieux de culture cellulaire.

Millipore, BP 307, 78054 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex. Tél. : (1) 30.12.70.00. Fax : (1) 30.12.71.80

ANALYSEUR POUR GAZ

Quatre distributeurs européens de gaz ont déjà opté pour le système ATI Unicam 610/74 Highpurity Gaz Analyser pour surveiller l'évolution et dépister des traces de composants dans leurs gaz spéciaux de haute qualité.

Les analyseurs ATI Unicam 610/74 sont utilisés pour dépister les traces d'impuretés dans les courants de gaz aussi divers que le dioxyde de carbone pour refroidissement des réacteurs nucléaires, le silane et les gaz dopant les semi-conducteurs, l'hydrogène et l'oxygène de haute pureté ainsi que l'éthylène et propylène

La capacité de surveiller de près des impuretés telles que l'hydrogène, l'argon, le monoxyde de carbone et le méthane, ainsi que des gaz plus rares tels que l'arsine, phosphine et stibine, à des concentrations aussi basses que 10 ppb, signifie que la gamme des applications s'élargit rapidement.

UNICAM France S.A., 98 ter, boulevard Héloïse - 95100 Argenteuil. Tél. : (1) 34.26.41.41. Fax : (1) 34.26.41.01

SYSTÈME D'ANALYSE DES PESTICIDES DANS L'EAU

Hewlett-Packard vient d'annoncer un système combinant l'extraction en phase solide (SPE) et la chromatographie en phase liquide (CLHP) pour la surveillance des pesticides dans l'eau par couplage SPE en continu, CLHP et détection par barrette de diodes.

Un module de SPE en continu a été développé pour pallier les désavantages inhérents à l'extraction manuelle d'analyse, tels que la non-reproductibilité des débits, les risques de contamination, la lenteur des analyses et leur coût. Le système détecte, quantifie et identifie les composés non volatils et polaires dans l'eau à moins de 0,1 mg/L. La précision des temps de rétention est typiquement entre 0,01 et 0,36 %, et la précision de l'aire des pics est typiquement entre 1 et 9,6 %. Les taux de récupération vont de 94 à 107 %. La directive 80/779 de l'Union Européenne demande que les polluants organiques dans l'eau de boisson ne dépassent pas 0,1 mg/L.

Hewlett Packard, 1, avenue du Canada, Z.I. de Courtebœuf, 91947 Les Ulis Cedex. Tél. : (1) 69.82.60.60. Fax : (1) 69.82.60.61.

IDENTIFICATION AUTOMATIQUE PAR RADIOFRÉQUENCE

TIRIS de Texas Instruments propose la Série 2000, un système de lecture et de programmation à distance, par radiofréquence, d'étiquettes électroniques. Sa taille réduite et ses perfectionnements matériels et logiciels offrent aux intégrateurs une plus grande souplesse et une extrême liberté dans la conception, la personnalisation et l'installation de tels équipements.

La gamme TIRIS de Texas Instruments peut être utilisée dans de nombreuses applications telles que le contrôle d'accès, l'automatisation des procédés industriels, le fret et la distribution, la gestion de flottes automobiles, la gestion des déchets, la protection des biens, la gestion de cheptels, etc.

Texas Instruments, Centre d'Affaires et Communication, BP 67, 78141 Vélizy - Villacoublay Cedex. Tél. : (1) 30.70.10.10. Fax : (1) 30.70.10.14.

DIOXYDE DE CARBONE (DISSOUS)

Des taux élevés de CO₂ dans les eaux de surface peuvent indiquer une décomposition organique ou minérale anormale.

La mesure du CO₂ est un moyen de contrôle de la qualité des systèmes municipaux de traitement des eaux.

Le CO₂ dissous est corrosif pour l'équipement qui utilise l'eau, plus particulièrement les systèmes de condensation de la vapeur. Une concentration minimum de CO₂ est nécessaire lorsqu'il contribue à maintenir l'équilibre du carbonate, empêchant ainsi la formation d'un dépôt calcaire sur les surfaces exposées.

En raison de l'équilibre fragile entre la corrosion et la formation d'un dépôt calcaire, les concentrations de CO₂ doivent être contrôlées soigneusement.

Les tests Chemetrics pour la détermination du dioxyde de carbone utilisent un titrant caustique et un indicateur de titration à la phénolphthaléine, et contiennent une solution neutralisante pour annuler les interférences dues aux sulfures.

Ces tests sont effectués grâce à des ampoules auto-remplissantes, contenant le réactif pré-dosé et scellé sous-vide

Chaque coffret présente tout le nécessaire pour faire 30 tests et des recharges sont disponibles.

Interma - Chemetrics, Les Sablières, route de Maubec, 84580 Oppede. Tél. : 90.76.81.18. Fax : 90.76.85.69.

ANALYSE DU CYANURE

Le cyanure est employé dans de nombreux procédés de chimie et de raffinage. On le trouve dans les effluents des opérations de nettoyage des métaux et de plaquage, des fours à charbon, des aciéries et des épurateurs.

Bien que le cyanure puisse être retiré sans risque par chloration en milieu alcalin, sa vive toxicité en milieu aquatique nécessite un contrôle routinier des effluents avant leur déversement.

La méthode colorimétrique est basée sur le traitement à l'acide barbiturique/isonicotinique.

La méthode titrimétrique utilise le nitrate d'argent comme titreur et le diméthylamino-benzalrhodamine comme indicateur.

Le passage de la couleur orange à la couleur jaune indique la fin de la titration. Les résultats sont exprimés en ppm (mg/L) CN.

Ces tests sont effectués grâce à des ampoules auto-remplissantes, contenant le réactif pré-dosé et scellé sous-vide.

Chaque coffret présente tout le nécessaire pour faire 30 tests et des recharges sont disponibles.

Interma - Chemetrics, Les Sablières, route de Maubec, 84580 Oppede. Tél. : 90.76.81.18. Fax : 90.76.85.69.

MESURER L'AZOTE

Le réflectomètre, doseur de nitrates, d'ammonium, de nitrites ainsi que d'autres produits et paramètres (pH, cuivre, fer, vitamine C, etc.) a reçu la médaille d'or de l'innovation de l'Inter-sima 94.

Pour 3 098 F, l'appareil seul ou environ 5 000 F la mallette complète : réflectomètre + accessoires d'extraction et instructions d'utilisation et d'interprétation, ce système permet de mesurer l'azote dans le sol, dans les plantes et dans l'eau, pour être sûr de n'apporter que la dose nécessaire d'amendement à la culture.

Laboratoires Merck-Clévenot, 5 à 9, rue Anquetil, 94736 Nogent-sur-Marne Cedex. Tél. : (1) 43.94.54.00. Fax : (1) 48.76.58.15.

SURPRESSEURS D'AIR COMPRIMÉ

Un compresseur d'air courant monte rarement au-dessus de 7 à 10 bar. Une solution simple pour obtenir une pression supérieure jusqu'à 300 bar est d'intercaler un surpresseur Haskel entre le réseau et l'emploi.

Fourni par General Pneumatic (Villeneuve d'Ascq) le surpresseur, auto-alimenté sur le réseau en augmentera la pression dans des rapports variant de 2 à 30/L selon le modèle choisi. L'installation est immédiate, le coût modéré et la fiabilité grande en comparaison avec un compresseur délivrant la même pression.

On place un surpresseur à l'endroit d'utilisation comme pour remonter une pression affaiblie par des pertes de charge ou des essais de pression.

On peut aussi remplir des réservoirs ou des bouteilles. Il n'y a aucun raccordement électrique d'où une sécurité intrinsèque.

General Pneumatic, ZI du Fort, 2, rue de la Cruppe, 59650 Villeneuve-d'Ascq. Tél. : 20.04.66.00. Fax : 20.33.31.95.

TRAITEMENT DE L'AIR

En mai 1993, Sulzer Infra a répondu à un appel d'offres pour la réalisation du traitement d'air du Laboratoire AXCELL Biotechnologies, situé à Saint Genis l'Argentière (69).

Ce laboratoire est composé :

- d'une salle « préparatoire », en classe 100.000 (selon la norme FS 209 d)
- de 4 salles de « répartition » en classe 10.000 (selon la norme FS 209 d), avec postes à flux laminaires

L'étude de base préconisait un système de traitement d'air classique pour toute la zone, y compris pour la salle « préparatoire ». Compte tenu des forts apports thermiques dégagés dans cette salle, les débits à mettre en œuvre auraient été très importants. D'où l'adoption d'un système de diffusion de l'air par déplacement. Ce système repose sur une loi physique simple : l'air chaud, plus léger que l'air froid, a tendance à monter. Ainsi, l'air froid, plus dense, a naturellement tendance à se répandre sur le sol et à remplir la partie basse du volume à traiter. L'air est soufflé lentement par des diffuseurs spéciaux posés au sol, à une température légèrement inférieure à la température ambiante. L'air ainsi introduit coule en nappe au niveau du sol et « déplace » les flux thermiques et les contaminations, par effet piston, vers l'extraction située en partie haute du local.

Cette solution a permis de réduire de 25 % le débit d'air et la puissance du groupe réfrigérant.

Catherine Peuto, LLP Associés, Tél. : 45.32.28.78. - Fax : 45.32.29.02.

POUR ÉTIQUETER LES PRODUITS CHIMIQUES

Avery, division Business Systems, un fabricant mondial d'étiquettes personnalisées, a conçu pour les industries chimiques une matière spéciale, imprimable en interne.

L'étiquetage de produits nocifs doit répondre à des normes précises et les informations indiquées sur l'étiquette doivent être lisibles de manière durable. Pour répondre à cette norme, appelée BS 5609, pour le transport des produits nocifs, la matière, l'adhésif, l'encre et toute impression sur l'étiquette doivent résister à l'immersion en mer pendant quelques mois. Le test a été réalisé avec les étiquettes Avery Polyfast et s'est révélé tout à fait concluant en impression laser.

En plus de cet avantage, ces étiquettes peuvent être imprimées en interne à l'aide de toute imprimante laser, ce qui permet une gestion plus souple, une réduction du stock d'étiquettes déjà imprimées, tout en ayant une impression très résistante et qui reste lisible.

L'impression thermique ou matricielle sur



ces étiquettes est également possible.

Avery International France, 68, rue de Lille, 59710 Avelin. Numéro vert : 05.36.54.09.

SYSTÈME DE REMPLACEMENT DU MERCURE

DSB Special Batteries de Crawley, Angleterre, vient d'introduire un programme de remplacement pour les piles au mercure visant les secteurs de l'industrie qui ne veulent plus utiliser les produits contenant les métaux lourds comme le mercure et le cadmium.

Quand les contraintes de fonctionnement le permettent, des équivalents alcalins, lithium manganèse ou oxyde d'argent peuvent maintenant être offerts comme alternatives.

DBS Special Batteries, Ruben House, Crompton Way, Crawley, West Sussex RH10 2QR, Angleterre. Tél. : +44.293.611930. Fax : +44 071.729.7765.

PAGOMÉDIA : SYSTÈME D'ÉTIQUETAGE

Ce système vise quatre objectifs :

– Chaque utilisateur a besoin d'une information sur chaque produit qui soit claire et complète. Pour résoudre cette difficulté, Pagomédia se définit comme l'étiquette sans limite : elle prend la taille, la forme et les dimensions que nécessite l'information (jusqu'à 24 fois son format initial...).

– Un seul document regroupe l'ensemble des informations. Il est solide et réduit les manipulations, donc les sources d'erreurs. Il est indissociable du flacon d'origine.

– Par la simple réduction du volume de l'emballage, Pagomédia contribue au respect de l'environnement. Aujourd'hui, il ne s'agit plus

seulement de suivre des tendances de consommation, mais, bien au-delà, de répondre aux normes nouvelles qui vont régir l'emballage et le conditionnement en Europe.

– Il garantit une fiabilité tant au niveau de la fabrication que de l'utilisation. Respect de la charte de production, solidité de la fixation, réutilisation multiple, autant de critères qui assurent au produit une image de confiance et d'innovation. Enfin, en réduisant les manipulations, il apporte la sécurité dans la chaîne de production.

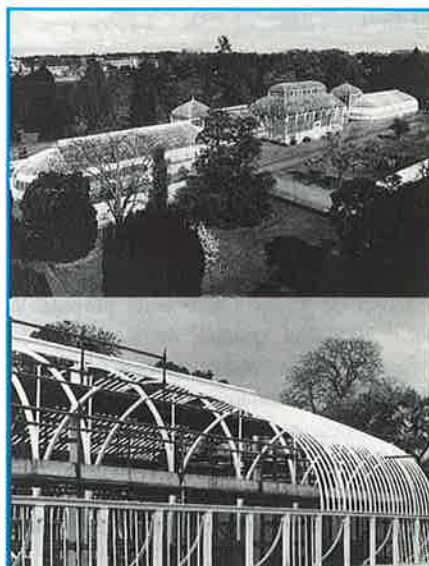
PAGO, 8, avenue Jean d'Alembert, Parc d'activités de Pissaloup, 78190 Trappes. Tél. : (1) 30.62.75.70. Fax : (1) 30.50.37.13.

RÉNOVATION DES SERRES HISTORIQUES DE DUBLIN

Bayer AG a participé, en collaboration avec la société irlandaise General Paints Limited de Celbridge (comté de Kildare), à la restauration du célèbre ensemble de serres du XIX^e siècle, conçu par Richard Turner dans le jardin botanique de Dublin.

L'application d'un revêtement, résistant à la corrosion et au vieillissement, sur la structure portante en fonte de la serre constitue l'un des principaux travaux de restauration conduits sous la surveillance des autorités locales. Ce revêtement est formulé et livré par General Paints à partir de Desmodur et de Desmophen, liants de Bayer. Il s'agit d'un système polyuréthane bicomposant offrant une tenue élevée à tous les agents atmosphériques.

Bayer AG Konzernverwaltung Öffentlichkeitsarbeit - D-51368 Leverkusen. Tél. : +49 (02 14) 30-1. Fax : +49 (02 14) 30.89.23.



LES PLASTIQUES ET LA SÉCURITÉ AU FEU

La SFIP (Société Française des Ingénieurs Plasticiens), et le SPMP (Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques) organisent le mercredi 8 juin 1994 à Paris un symposium centré plus spécifiquement sur : "Les plastiques et la sécurité au feu dans le domaine des transports individuels et collectifs".

Les conférences porteront sur :

- l'importance économique des matières plastiques dans l'industrie des transports,
- le comportement au feu des matières plastiques et le rôle des ignifugeants et agents retardateurs,
- le rôle tenu par les plastiques dans les transports automobile, ferroviaire et aéronautique tout en respectant les contraintes réglementaires,
- le point de vue des organismes assurant la prévention et la sécurité,
- la normalisation et son évolution souhaitable.

La journée se terminera par une table ronde qui permettra à l'assistance d'exprimer ses points de vue. Deux heures sont prévues pour celle-ci.

Le SPMP représente 95 % du chiffre d'affaires de la profession c'est à dire une cinquantaine de producteurs et d'importateurs.

SFIP, Nicole Hagimont, Cedex 99, 92909 Paris-La Défense. Tél. : (1) 46.53.10.74. Fax : (1) 46.53.10.73.

ÉLECTROCUTEURS D'INSECTES ET RISQUES D'EXPLOSION

Le nouvel Insectron type 400-E est utilisable dans les zones à hauts risques d'explosion où les équipements électriques ne doivent pas créer d'étincelles. Ainsi, pour ce nouveau modèle, la grille électrique haute tension a été remplacée par une bande fortement adhésive qui piège les insectes attirés par les rayons ultraviolets. Cet équipement spécialement conçu pour les espaces à atmosphère explosive, permet d'éviter la production de petites étincelles créées habituellement par les insectes qui s'électrocutent sur la grille des appareils conventionnels.

L'Insectron type 400-E est destiné aux usines chimiques, pétrochimiques et agro-alimentaires ainsi que pour toutes les aires de stockage de sucre, de graines et de farine.

Berson France, 31, bd de Port-Royal, 75013 Paris. Tél. : (1) 43.31.15.31. Fax : (1) 43.31.36.79.

Protection et sécurité

DISPOSITIF MÉCANIQUE DE SÛRETÉ AVEC DÉVERROUILLAGE

Il s'agit d'une serrure dont le fonctionnement entièrement mécanique améliore la sécurité des biens par une meilleure protection et la sécurité des personnes par déverrouillage immédiat.

Elle possède un canon à clef, un coup de poing à actionner, une alarme avec sirène incorporée qui peut être locale, reliée à un téléphone ou à un PC de sécurité. Sans éclairage, cette serrure est encore visible par la photoluminescence du boîtier de protection.

Ce dispositif a recueilli l'avis favorable de la Commission centrale de Sécurité quant à son utilisation dans les établissements recevant du public, en date du 27 mai 1993.

Brevet FR 93.01336 du 08 02 1993 de l'université P. et M. Curie.

Prix de vente sans la pose : 4 300 F HT.

Société agréée par l'université Pierre et Marie Curie pour la production et la commercialisation du dispositif : Safethy. Tél. : (1) 48.53.27.50.

Université Pierre et Marie Curie, Service Hygiène et Sécurité, 4 place Jussieu, casier 199, 75252 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 44.27.59.55. Fax : (1) 44.27.38.66.

SERRURES DE SÉCURITÉ À INTERRUPTEUR «ROTATIF»

SERV Trayvou Interverrouillage a développé une gamme complète de serrures type RTK équipées d'interrupteur multipolaire permettant la coupure de circuits de commande ou de puissance pouvant atteindre 22 kW sous 3 x 380 volts.

La serrure de conception du type barillet permet une parfaite intégration au pupitre, tant



sur le plan ergonomique que sur le plan esthétique, tout en conservant la robustesse des clés et serrures traditionnelles. La principale application de ces serrures à contacts type RTK + OF est la réalisation de verrouillage par transfert de clé entre le circuit de commande ou de puissance et l'accès machine ; pour ce faire on associe la serrure type RTK + OF à une serrure d'accès type M0L85.

Dans le cas d'une installation à plusieurs accès, la serrure à contacts est réalisée sous forme d'une platine ou d'un coffret (IP 65) possédant autant de barillettes (clés) que d'accès.

SERV Trayvou Interverrouillage (STI), 56-58 rue Brûlefer, 93140 Montreuil. Tél. : (1) 48.59.43.31. Fax : (1) 48.59.68.50.

SYSTÈME DE COMMUNICATION POUR LES HÔPITAUX

Le Médifon 2010 de Zettler est un système d'appel piloté par micro-ordinateur qui permet de visualiser sur un écran graphique couleur la présence des infirmières et aides-soignantes dans toutes les chambres. Deux avantages : intervention plus rapide auprès des malades, et diminution des déplacements des infirmières grâce à la recherche automatique de l'infirmière la plus proche et la facilité de communiquer en duplex avec le malade.

Le prix par chambre peut varier de 800 FF pour les systèmes de base à 6.000 FF pour les systèmes les plus sophistiqués.

Le Médifon 2010 peut être mis en réseau avec des systèmes périphériques tels que : recherche de personnes, TV ou radio.

Zettler France, 93, rue de Sartoris, BP 62, 92254 La Garenne-Colombes Cedex. Tél. : (1) 41.19.90.10. Fax : 47.86.20.24.

Adhésion

Demande d'adhésion à la Sfc

Formulaire à renvoyer à
Société française de Chimie
250, rue St Jacques, 75005 Paris,
Tel. (33-1) 43 25 20 78,
Fax. (33-1) 43 25 87 63,

Nom _____ Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

Merci de me faire parvenir un bulletin d'adhésion à la Société française de Chimie.

À _____ le _____

Signature

Bulletin d'abonnement

L'Actualité chimique

Tarifs 1994 7 numéros par an

L'Actualité chimique

	France	Export	
Particuliers	950 FF	1100 FF	
Étudiants*	360 FF	500 FF	* Joindre une photocopie de la carte étudiant
Membres de la SFC**	Tarif préférentiel		** Contacter directement la SFC

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____ Pays _____

- Je désire m'abonner pour 1994
- Je désire recevoir une facture pro-forma
- Paiement joint
- Veuillez débiter la somme sur ma carte de crédit (Visa, Eurocard, Mastercard)

N°

Date d'expiration

Signature

À retourner
à votre librairie spécialisé
ou à Dunod Abonnements,
15, rue Gossin
923543 Montrouge Cedex
France

Activités de la Société Française de Chimie

SECTION Rhône-Alpes

JOURNÉE DE PRINTEMPS DE LA SECTION

Lyon, 26 mai 1994

Cette Journée se tiendra à l'université Claude-Bernard Lyon I (UCB), campus de la Doua, Villeurbanne (amphithéâtre Grignard et salles de cours voisines).

- 9 h, ouverture de la journée par le professeur Marc Julia, président de la Société Française de Chimie.

- Conférence plénière par le Dr Henri Veschambre : *Les réactions de bioconversion en synthèse énantiosélective.*

Division Chimie organique

11 h, conférence par le professeur Marc Julia : *Réactions électrophiles des carbamions α -hétérosubstitués.*

14 h, communications :

- *Application du système Staudinger/aza-Wittig en série imidazoazinique*, O. Chavignon, S. Mavel, J.M. Chezal, G. Dauphin, D. Roche, M. Madesclaire, J.C. Teulade.

- *Synthèse d'un macrocycle à nombre impair de motifs : le p-tert-butylcalix[7]arène. Optimisation de sa synthèse par la méthode des plans d'expériences*, F. Vocanson, R. Lamartine, P. Lanteri, R. Longerey.

- *Synthèses et études de nouveaux antagonistes potentiels du thromboxane A_2* , C. Traversa, V. Riveron, V. Ortolland, G. Balme, J. Goré, H. Boussairi, D. Benzoni, J. Sassard.

- *Conception et synthèse d'inhibiteurs de la protéine kinase C*, S. Fabre et M. Prudhomme.

- *Identification structurale et synthèse des produits de radiolyse du DCH18C6*, M. Draye, A. Favre-Reguillon, M. Lemaire.

- *Accès à des benzo dioxanes chiraux par catalyse organométallique*, M. Massacret, C. Goux, P. Lhoste, D. Sinou.

- *Réactivité et mécanisme d'action des combinaisons $RMgX/Zn(BH_4)_2$ vis-à-vis des esters*, C. Aubel-Chazot, R. Amouroux.

- *Électrosynthèse en milieu micellaire. Dimérisations diastéréosélectives de molécules amphiphiles*, L. Dolenski, C. Mousty, G. Mousset.

- *Acides phosphonocarboxyliques : spectroscopie et réactivité*, S. Olagnon, F. Chastrette.

Renseignements : J. Goré. Tél. : 72.44.81.35.

Divisions Chimie de coordination et Catalyse

11 h, communications :

- *Récupération de métaux contenus dans les catalyseurs usés par hydrométallurgie*, A. Favre-Reguillon (IRC, ESCIL, Villeurbanne).

- *Techniques utilisées pour l'étude de cryptophanes à l'interface air-eau*, L. Gambut (ENS, Lyon).

- *Différentes techniques (RMN, RPE, Mössbauer, magnétisme) au service de récepteurs métalliques dérivés du cyclotrivaatcylène*, G. Veriot (ENS, Lyon).

- *Synthèse de modèles moléculaires de la silice ; applications en chimie de coordination*, V. Dufaud (UMR 9986, CPE Lyon).

14 h communications :

- *Synthèse, caractérisation et greffage de dérivés alkylés de l'étain (IV) sur des surfaces métalliques*, M-A. Cordonier (UMR 9986, CPE Lyon).

- *Synthèse de liaisons C-O et C-S, Réactions catalysées par les complexes du palladium (0)*, C. Goux (ESCIL, CPE Lyon).

- *Synthèse de composés cyclohexyles chiraux par réduction diastéréosélective d'aromatiques disubstitués sur catalyseurs au Rh modifiés par des amines*, K. Nasar, E. Villard, M. Besson et P. Gallezot (IRC, Villeurbanne).

- *Force et distribution des sites acides de catalyseurs B_2O_3/Al_2O_3* , Guiseppino Colorio, A. Auroux (IRC, Villeurbanne).

- *Effet du support en hydrotraitement : compréhension du système NiMo/TiO₂-Al₂O₃*, V. Harle (IRC, Villeurbanne).

Marc Julia

Président de la SFC

Le professeur Marc Julia, membre de l'Institut, a été élu président de la Société Française de Chimie par l'assemblée générale des sociétaires.

Les résultats de ces élections, qui ont porté sur 1233 votes reçus, ont accordé 1110 suffrages à Marc Julia.

Nous reviendrons prochainement sur la carrière de Marc Julia.

- *Cuprates de lanthane substitués par le palladium : préparation par la méthode des gels de polyacrylamide et activité en catalyse 3 voies*, N. Guillaume (LACE, université Lyon I, Villeurbanne).

- *Oxydation de l'aniline par H₂O₂ sur des catalyseurs zéolithiques*, S. Gontier, A. Tuel (IRC, Villeurbanne).

- *Étude de la réactivité de catalyseurs supportés Pd-Cu appliqués à la postcombustion automobile*, K. Lebas, A. Renouprez (IRC, Villeurbanne).

- *Préparation de cérine supportée sur alumine II : évolution de la surface de cérine après vieillissement et après imprégnation de platine*, E. Rogemont (LACE, Université Lyon I, Villeurbanne).

Renseignements :

- Mme M. Breysse (IRC). Tél. : 72.44.53.00 (Catalyse)

- Mme C. Santini (IRC). Tél. : 72.43.11.95 (Coordination)

Division Chimie physique

11 h, communication :

- *Structure et spectre d'absorption de petits agrégats de lithium : étude théorique*, G. Gardet, F. Rogemont, A. Lembarki, H. Chermette (IPN de Lyon, université Lyon I, Villeurbanne).

Renseignements : G. Pajonk. Tél. : 72.44.82.52.

17 h 00 : une réception, offerte par la section

régionale et organisée par les jeunes sociétaires rassemblera les participants à proximité de l'amphithéâtre Grignard.

Renseignements généraux : M. A. Tranquard.
Tél. : 72.44.82.31.

DIVISION Matériaux polymères et élastomères

COLLOQUE ANNUEL DU GFP

Grenoble, 22-24 novembre 1994

A l'occasion de ce colloque sur les polymères hydrophiles et les polymères hydrosolubles, l'assemblée générale du Groupe Français des Polymères (GFP) se tiendra le 23 novembre 1994, après-midi.

Le colloque traitera des relations entre synthèse ou isolement/caractérisation, propriétés et applications des polymères hydrophiles et/ou hydrosolubles sur :

- polymères naturels/polymères de synthèse,
- polymères modifiés par voie chimique ou enzymatique.

Les thèmes suivants sont envisagés :

- polyélectrolytes/échangeurs d'ions,
- association avec les tensio-actifs,
- interaction eau/polymère,
- diffusion des petites molécules dans les films,
- superabsorbant,
- épaississant, gel, floculant...

Renseignements : Madame M. Rinaudo, CERMAV-CNRS, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9.

PRIX DE LA DIVISION

La division Matériaux polymères et élastomères vient de créer un prix qui sera décerné tous les deux ans en alternance avec le prix du Groupe Français des Polymères et, pour la première fois, en 1994. Son montant est de 10 000 francs.

Les candidats doivent être âgés de moins de 40 ans, de nationalité française ou ayant accompli leurs recherches en France et membres de la Société Française de Chimie. Ce prix s'adresse donc à des chercheurs ayant fait œuvre novatrice dans le domaine de la science des polymères.

Le dossier doit comprendre : un CV et un résumé succinct de la carrière scientifique du

candidat, ses publications les plus significatives, 3 à 5 pages d'analyse du travail scientifique et, éventuellement, des lettres d'appréciation du responsable scientifique du candidat et de tout autre personnalité scientifique.

La date limite de dépôt de candidature est le 15 mai 1994.

Renseignements : M. E. Maréchal, Laboratoire de synthèse macromoléculaire, BP 184, Université P. et M. Curie, 75252 Paris, Cedex 05. Fax : (1) 44.27.70.54.

DIVISION Chimie analytique

PROGRAMME D'ACTION DU BUREAU

Le bureau de la division Chimie analytique (DCA) de la Société Française de Chimie, composé de MM. M. Chemla, D. Devilliers et J. Goupy, a souhaité s'entourer d'un conseil élargi ; une vingtaine de spécialistes de chimie analytique ont répondu favorablement à cet appel. La réunion du 9 février 1994 avait pour but de faire le point de la situation actuelle de la division, d'exposer les objectifs du bureau et de recenser les actions possibles pour atteindre ces objectifs.

Situation de la division

La division comptait 270 inscrits en 1993. Elle a accès à un local de réunion au siège de la SFC et possède deux organes de diffusion : *Analysis* et *SFC Info*. Les ressources de la division, qui permettent le financement de ses activités, proviennent d'une partie des cotisations des adhérents et des bénéficiaires (éventuels) des journées scientifiques qu'elle organise.

Cependant, la division n'a pas le rayonnement dont elle devrait bénéficier ; un grand nombre de personnes s'intéressent, en effet, à la chimie analytique mais ne placent pas forcément ce domaine au premier rang de leurs préoccupations ; la chimie analytique est souvent considérée comme un simple outil et non comme une science à part entière. Un spécialiste est amené à faire un choix parmi plusieurs adhésions possibles : il en résulte que la DCA de la SFC ne touche qu'un dixième des analystes en France.

Objectifs du bureau

L'objectif essentiel est de proposer une animation scientifique efficace, ce qui, à terme, permettra le recrutement de nouveaux membres

sensibles au dynamisme de la division, notamment des adhérents issus des Clubs de jeunes sociétaires. D'autre part, une animation au niveau régional serait tout à fait souhaitable.

C'est aux sociétés savantes d'assumer la responsabilité scientifique de congrès et de journées d'étude, éventuellement en liaison avec un opérateur extérieur ou des constructeurs qui prendraient en charge les aspects non scientifiques des manifestations.

La réalisation des objectifs résumés ci-dessus suppose de développer des actions variées et efficaces et, si besoin, d'adapter les structures de la DCA.

Nos adhérents souhaitent pouvoir participer à des journées scientifiques et des congrès organisés par la société. Dans ce cadre, la DCA a déjà engagé des actions, en liaison avec le Groupe Electrochimie de la SFC : la Journée microscopie à résolution atomique, qui s'est tenue en janvier 1994, a été un franc succès et a permis de recruter 30 nouveaux adhérents. La division participe activement à la préparation de SFC 94.

Un certain nombre de thèmes ont été suggérés pour des journées d'étude, qui devront s'adresser à un public élargi ; environnement, qualité, immunoanalyse, méthodes nucléaires, analyse de surface, nanotechnologies.

Nos adhérents doivent bénéficier d'un tarif réduit pour les congrès et journées d'étude organisés par la SFC et par des sociétés amies ayant passé des accords de réciprocité avec elle.

- Nos adhérents veulent avoir accès à l'information. Une rubrique spéciale DCA dans chaque numéro de *SFC Info* et d'*Analysis* est souhaitée. Cette dernière pourrait contenir une "tribune des lecteurs" où ceux-ci exposeraient les questions qui les préoccupent et trouveraient des interlocuteurs.

- Les prix scientifiques doivent être remis solennellement au cours de réunions dont le caractère de prestige doit être marqué. Dans cet esprit, le Prix 1993 de la DCA a été remis à la Deauville Conférence à un jeune analyste plein d'avenir.

- La division Chimie analytique devra être le porte-parole des analystes au niveau national et international. Il convient de promouvoir la chimie analytique dans les instances scientifiques : CNRS, ministères...

- Un service d'aide à la recherche d'un emploi est souhaité.

Pour mettre en œuvre ce programme d'actions, le bureau comportera, en plus de ses membres permanents élus :

- des conseillers (orientation générale, jurys de prix de division...);

- des représentants dans les régions agissant comme relais de la division pour organiser des réunions locales, trouver des contacts sur place en particulier auprès des constructeurs et des industries régionales ;

- des chargés de communication (relation avec nos revues, avec les autres sociétés savantes, les structures d'État et organismes public, et le milieu industriel) ;

- des organisateurs de congrès et journées scientifiques.

Enfin, une meilleure coordination avec certains groupes thématiques, existant déjà à la SFC, est nécessaire (spectrométrie de masse, spectroscopie, etc.).

Renseignements : D. Devilliers, Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire d'électrochimie, BP 51, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 44.27.36.77. Fax : (1) 44.27.38.34.

DIVISION Chimie du solide

MESSAGE DU PRÉSIDENT

Le président de la division lance à nouveau un appel pour une large participation au congrès SFC 94 (27-30 septembre 1994, Lyon).

Au cours des cinq demi-journées de la division Chimie du solide, les membres de la division se retrouverons pour partager les avancées scientifiques, pour parler également des actions futures.

En particulier, un premier point de situation sera fait sur la "Vth European Conference on Solid State Chemistry" qui se tiendra à Montpellier en septembre 95 (les deux précédentes avaient eu lieu à Regensburg et Dresde).

Information

La division Chimie du solide a soutenu l'École Galerne en 1993.

Après deux années d'interruption, cette école a repris son cycle avec pour thème "les spectroscopies nucléaires RMN et Mössbauer. Applications au solide du cristal à l'amorphe". Elle s'est déroulée dans le petit village cévenol de Génolhac (Gard) du 27 septembre au 1er octobre 1993. Elle a permis de rassembler 90 participants provenant de diverses universités françaises ou étrangères et du milieu industriel.

Un document pédagogique de 700 pages a été réalisé et peut être obtenu sur demande au prix de 150 F (+ frais d'envois).

Renseignements : J.C. Jumas, LPMS case courrier 003, Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5. Tél. : 67.54.17.80. Fax : 67.14.42.90.

SECTION Provence-Alpes Côte d'Azur

BUREAU DE LA SECTION

Suite aux dernières élections (81 votants, 1 nul), le nouveau bureau de la section PACA est composé de :

Président : R. Guglielmetti (professeur, université Aix-Marseille II).

Faculté des sciences, laboratoire de chimie organique et bio-organique, case 901, 163 avenue de Luminy, 13288 Marseille Cedex 09. Tél. : 91.26.91.54. Fax : 91.26.93.04.

Secrétaire : J. Barbe (professeur, université Aix-Marseille II).

Trésorier : J. Kister (directeur de recherche CNRS), vice-présidents : J.F. Gal (professeur, université de Nice), J. Jequier (Elf Atochem), J. Musso (maître de conférence, université de Toulon).

7^e JOURNÉE DE LA CHIMIE

Le 25 mars 1994 s'est tenue à Marseille, Parc Chanot, dans le cadre du salon Phirama, la 7^e Journée de la chimie organisée par la section PACA. Cette journée qui a réuni plus de 150 personnes universitaires, chercheurs et industriels a donné lieu à :

4 conférences plénières :

- Prof. M. Santelli (Marseille) : A propos de BISTRO...

- Prof. F. Mathey (École polytechnique, Palaiseau) : Comment et pourquoi jouer avec la barrière d'inversion du phosphore.

- Prof. B. Raveau (Caen) : Les supraconducteurs à haute T_c : de la synthèse aux applications.

- Dr Ch. Riglet (CEN Cadarache) : Quatre années d'analyse élémentaire par spectrométrie de masse à couplage plasma inductif : bilan et perspectives.

8 communications orales de : Z. Asfari (Strasbourg), A. Thevand (Marseille), C. Coin (Nice), Y. Massiani (Marseille), L.G. Hubert-Pfalzgraf (Nice), J. Kister (Marseille), B. Ravoo (Marseille), O. Thomas (Marseille).

Ainsi qu'à la présentation de plus de quarante-dix posters.

CLUB DES JEUNES

DISTRIBUTION DE SFC INFO

Dans l'attente de l'acquisition d'un nouveau matériel informatique plus performant, retardée par des problèmes de budget, la mise à jour des adhésions Club de Jeunes a été perturbée, ce qui a créé différents retards dans l'envoi de notre lettre de liaison.

Aujourd'hui, cette situation est réglée et un programme spécifique pour la gestion des clubs a été incorporé dans un nouveau matériel à partir d'un logiciel mis au point par Michel Giudice. Cela devrait éviter le retour de perturbations, particulièrement regrettables dans la distribution de notre bulletin de liaison.

CLUB DES JEUNES Paris-Ile de France

Le site de la DETN (Direction des Études et Techniques Nouvelles) de Gaz de France, récemment baptisé direction de la recherche, a accueilli en février dernier les jeunes sociétaires de Paris à la Plaine Saint-Denis. Deuxième centre de recherches sur le gaz naturel au monde, ce site à la pointe de l'innovation - 30 brevets déposés en France par an - se donne les moyens de ses recherches. Ici, sont étudiés, la distribution du gaz et ses applications tant industrielles que domestiques.

Le département de chimie appliquée a deux principales missions. La première est d'analyser les échantillons de gaz, car de sa composition dépendent son pouvoir calorifique et son prix. Les chimistes développent également des recherches plus fondamentales, notamment sur l'étude de la combustion et sur la réactivité du gaz naturel.

Ici, 1000 personnes œuvrent pour que le gaz naturel soit une énergie d'avenir.

Véronique Desmoineaux

PLIS CACHETES

La SFC a reçu le pli cacheté suivant (droits de garde 80 F par pli cacheté déposé) :

- Le 14 février 1994, de Serge Montarnal et René Pagliari (Rhône-Poulenc Chimie, L. 94016), sous le numéro 267.

IUPAC

UNITÉS UTILISÉES EN CHIMIE DE L'ATMOSPHERE (Units for use in atmospheric chemistry)

Ce document examine l'intérêt d'utiliser le système international d'unités (Système International, SI) pour les unités de la chimie de l'atmosphère et propose des recommandations concernant l'utilisation de ces unités pour reporter les données de la chimie de l'atmosphère conformément aux exigences particulières à cette sous-discipline. En général, le Système International est bien adapté aux demandes de la chimie de l'atmosphère ; il est possible d'utiliser les multiples et sous-multiples des unités en leur ajoutant des préfixes pour tenir compte de la grande variation des ordres de grandeur qu'on rencontre et l'utilisation des unités SI conduit automatiquement à un calcul cohérent des unités.

L'utilisation de noms d'unités qui ne sont pas des produits ou des quotients des unités de base SI est déconseillée (ex. : atmosphère, dobson, litre, hectare, bar). Les abondances locales de substances dans l'air peuvent être exprimées par des fractions ou des concentrations molaires. Une fraction molaire a l'avantage d'être indépendante de la pression ou de la température, mais les concentrations sont commodes pour exprimer les cinétiques de réaction ou les flux de matière. Les unités molaires ou moléculaires

sont préférables aux unités se rapportant aux masses pour exprimer les rapports ou les concentrations de mélange des constituants ayant une composition chimique connue. L'unité sans dimension mol par mol d'air est recommandée pour la fraction molaire d'une substance dans l'air, par exemple nmol/mol(air) au lieu de l'habituelle partie par billion (ppb). Il est nécessaire de préciser si la fraction molaire se réfère à de l'air sec ou humide. L'expression de fractions molaires à partir de "concentrations réduites" relatives à des conditions de référence de température et de pression conduit à une ambiguïté et devrait être évitée lorsque cela est possible. Les concentrations en phase gazeuse devraient être exprimées en utilisant soit des moles ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$) soit des molécules ($\text{molécule}\cdot\text{m}^{-3}$, $\text{molécule}\cdot\text{cm}^{-3}$). L'utilisation universelle d'un seul jeu d'unités pour la concentration en phase gazeuse ne semble pas prévisible dans un futur immédiat, bien que l'utilisation de la $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ offre des avantages de cohérence et de commodité. On propose un large tableau de symboles et d'unités SI recommandés pour les grandeurs utilisées dans la chimie de l'atmosphère.

Toute personne souhaitant contribuer à la critique de ce document, avant sa parution au titre de "Recommandations définitives", peut obtenir une copie du texte intégral auprès de Françoise Rouquerol, Centre de Thermodynamique et de Microcalorimétrie, 26, rue du 141e RIA, 13331 Marseille Cedex 3.

Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 30 septembre 1994, au Dr Peter Warneck, Abteilung Biogeochemie, Max-Planck-Institut für Chemie, Postfach 3060, D-55020 Mainz, Allemagne.

GUIDE DE LA NOMENCLATURE DES COMPOSÉS ORGANIQUES DE L'IUPAC

Robert Panico, Jean-Claude Richer

Masson, 1994 (250 pages environ, 33 tableaux)

Les travaux de la commission de nomenclature de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) ont abouti à l'élaboration de règles pour les composés organiques. Celles-ci viennent d'être récemment réexaminées, révisées et complétées et sont exposées dans le présent guide.

À côté de leurs noms systématiques, de nombreux composés chimiques possèdent un ou plusieurs noms d'emploi courant. Certains de ces noms non systématiques ont été retenus par l'IUPAC et figurent dans cet ouvrage. Le lecteur y trouvera également, pour information, certaines pratiques du Chemical Abstracts Service et du Beilstein Institut qui ne constituent pas pour autant des recommandations de la commission de l'IUPAC.

Remplaçant toutes les publications antérieures relatives à la nomenclature des composés organiques, ce guide s'adresse tout autant à l'étudiant et à l'enseignant qu'au chimiste, débutant ou confirmé. Il leur fournit des directives leur permettant d'associer à chaque composé un nom dépourvu d'ambiguïté, pas nécessairement unique, tout en leur précisant parfois quels sont les noms à employer préférentiellement.

Manifestations

POLYTECH

L'exposition itinérante du bicentenaire de Polytechnique et du Conservatoire National des Arts et Métiers s'arrêtera dans les villes suivantes :

- Rouen, du 3 au 5 mai 1994,
- Lille, du 7 au 9 mai 1994,
- Amiens, du 11 au 13 mai 1994,
- Châlons-sur-Marne, du 15 au 17 mai 1994,
- Besançon, du 19 au 21 mai

- 1994,
- Strasbourg, du 24 au 26 mai 1994,
- Palaiseau (fête des 200 promotions de l'X), le 28 mai 1994,
- Metz, du 30 mai au 1er juin 1994,
- Paris, du 3 au 6 juin 1994,
- Ajaccio, du 10 au 12 juin 1994,

Renseignements : Polytech, tél. : (1) 47 12 82 54

FIABILITÉ ET GESTION DE LA TECHNOLOGIE

BRUXELLES (Belgique)
4-6 mai 1994

Principaux sujets abordés :
- fiabilité et cycle de vie technologique ;
- applications liées à la recherche et au développement de produits et systèmes, utilisation des usines, sécurité et maintenance ;

- tour d'horizon méthodologique ;
- gestion du programme de la technologie de la fiabilité.

Renseignements : CBO-Management and Technology Systems Centre, Secrétariat international du Séminaire, La Bourse, Beursplein 37, BP 21468, 3001 AL Rotterdam, Pays-Bas. Tél. : +31 (10) 413 9020. Fax : +31 (10) 411 8732.

ENTREPRISE ET COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS

COLMAR
5 mai 1994

L'IPI "Environnement Industriel et l'ADEME organisent, avec le soutien de l'INERIS, une manifestation technique regroupant conférences et exposition. Elle s'adresse aux entreprises du grand Est (Alsace, Lorraine, Franche-Comté, Champagne-Ardenne, Bourgogne) qui utilisent des solvants émetteurs de composés organiques volatils. Son but est d'apporter des éléments de réponse aux interrogations des industriels sur les nouvelles contraintes réglementaires et sur les moyens de s'y adapter (traitement des rejets ou techniques de substitution).

Renseignements : Anne-Marie Luthringer, IPI "Environnement Industriel", 5, rue des Jardins, 68000 Colmar. Tél. : 89.20.17.09. Fax : 89.24.25.89.

1er FORUM DU CNISF

PARIS
6-7 mai 1994

Devant le chômage, le Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France (CNISF), fédération regroupant l'ensemble des associations d'ingénieurs et scientifiques en France, a décidé d'agir. Il organise, en collaboration avec tous ses adhérents, ce 1er Forum, placé sous le haut patronage du ministre du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle, Michel Giraud. Ce Forum veut, avant tout, être un lieu propice aux échanges et aux rencontres. Il est destiné aux élèves de classes préparatoires, aux élèves ingénieurs, aux ingénieurs à la recherche de leur premier emploi, et aux ingénieurs au chômage. Pendant deux jours complets, une trentaine de tables rondes pratiques, animées par des spécialistes du terrain, développeront quatre thèmes

centraux, tournés vers l'avenir : les nouveaux métiers de l'ingénieur, les différentes façons de pratiquer le métier d'ingénieur, l'innovation et la création d'entreprise et l'expatriation des ingénieurs. L'entrée du 1er Forum du CNISF est gratuite sur présentation d'une carte d'invitation, à retirer auprès du CNISF.

Renseignements : Yann Cotten, 7, rue Lamennais, 75008 Paris. Tél. : (1) 44.13.66.88. Fax : (1) 42.89.82.50.

3e COLLOQUE FRANCO-MAGRÉBIN DE CATALYSE

RABAT (Maroc)
9-12 mai 1994

Le colloque bénéficie du patronage de la division Catalyse de la SFC. Il a pour objectif de resserrer les liens entre les deux communautés et de favoriser les échanges de chercheurs et d'idées. Les étudiants maghrébins en France ont aussi l'occasion de connaître les laboratoires maghrébins. Thème principal : l'application de la catalyse pour la protection de l'environnement.

Renseignements : Th. des Courières, Elf Antar France, chemin du Canal, BP 22, 69360 Solaize. Tél. : 78.02.60.60. Fax : 78.02.60.86.

BIOCIDES INDUSTRIELS

RUNCORN (Grande-Bretagne)
11 mai 1994

Cette réunion est organisée par le groupe Biocides industrielles de la British Association for Chemical Specialities.

Renseignements : Mr A.W.B. Cowan, British Association for Chemical Specialities, John Marshall House, 246-254 High Street, Sutton, Surrey SM1 1PA, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (81) 643 0689. Fax : +44 (81) 770 7103.

CONGRÈS INTERNATIONAL HENRI POINCARÉ 1994

NANCY
14-18 mai 1994

Renseignements : J.L. Greffe,

G. Heinzmann, Archives Poincaré, Université de Nancy II, 23, bd Albert 1er, 54015 Nancy Cedex. Fax : 83.96.23.47 ou 83.35.08.11.

DEAUVILLE CONFÉRENCE

MONTREUX (Suisse)
16-20 mai 1994

La Deauville Conférence (D'C 94), présidée par E. Sz Kovats, associe exceptionnellement cette année deux manifestations scientifiques principales : - SAS - 2nd Symposium on Analytical Sciences, - ISM - 13th International Symposium on Microchemical Techniques.

Les conférenciers s'attacheront à marquer l'évolution de la discipline du sceau de l'actualité scientifique. Les tendances développées au cours de la PittCon deux mois plus tôt feront l'objet d'un compte rendu spécifique à chaque session de SAS.

Parallèlement à ce programme scientifique, différentes tables rondes et ateliers satellites feront le point sur les plus récents développements tant au niveau des concepts instrumentaux et méthodologiques qu'à celui des applications (environnement, agro-alimentaire, biotechnologie).

Sont prévues, également, une exposition des différents matériels, des démonstrations ainsi que des réunions de club utilisateurs organisées à l'initiative des différents industriels exposants. Placée sous l'égide des divisions de chimie analytique de la nouvelle Société Chimique Suisse, de la Société Française de Chimie ainsi que celle du BCR, la D'C 94 bénéficie également du soutien de nombreuses associations scientifiques européennes et internationales.

Renseignements : Nicko & CRI Associés, 7, rue d'Argout, 75002 Paris. Tél.: (1) 42.33.47.66. Fax : (1) 40.41.92.41.

SÉCHAGE ET DÉSHYDRATATION PAR IMMERSION

MONTPELLIER
24-26 mai 1994

Ces journées sont les 12e de l'AFSIA (Association Française de Séchage dans l'Industrie et l'Agriculture). La journée du 24 est réservée au compte rendu de l'ARC (génie des systèmes de séchage et séchage des milieux fortement déformables).

Renseignements : D. Steinmetz, ENSIGC, 18, chemin de la Loge, 31078 Toulouse Cedex. Fax : 62.26.26.56.

COLLOQUE ISPAC 7

LES DIABLERETS (Suisse)
24-26 mai 1994

Le colloque organisé avec le soutien du GFP sera précédé, le 23 mai, d'un cours sur les polyélectrolytes et la caractérisation des polymères hydrosolubles.

Le programme scientifique porte sur la relation entre les caractéristiques moléculaires et les propriétés des systèmes polymères ; les sujets abordés seront : les systèmes polymères aqueux et les matériaux polymères hétérogènes.

Renseignements : Madame M. Rinaudo, CERMAV-CNRS, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9. Tél. : 76.54.11.45. Fax : 76.54.72.03.

SÉMINAIRE PIERRE DUHEM

BORDEAUX
26-27 mai 1994

Ce séminaire organisé par l'École doctorale des sciences chimiques, accueillera cette année le professeur E. Ulrich Franck de l'université de Karlsruhe présentera le comportement de l'eau et des systèmes aqueux à hautes pressions et dans les conditions supercritiques.

Renseignements : G. Demazeau, Bordeaux I, Laboratoire de chimie du solide, 351 cours de la Libération, 33405 Talence. Tél. : 56.84.60.00.

EUROPEAN SAFETY AND RELIABILITY CONFERENCE

LA BAULE
30 mai-3 juin 1994

ESREL'94 est le 9e colloque international de fiabilité et maintenabilité. Il est organisé par l'Agence Française de l'Espace. Domaines concernés : espace, télécommunications, armement, transports, nucléaire, énergie, chimie, grand public.

Renseignements : Europa Organisation, 40, bd des Récollets, BP 4406, 31405 Toulouse Cedex. Tél. : 61.32.66.99. Fax : 61.32.66.00.

SÉMINAIRE DES INTERACTIONS CONTENANT-CONTENU

PARIS
31 mai 1994

SICC est un séminaire d'une demi-journée organisé par l'Institut National de la Recherche Agronomique, Rhône-Poulenc Rorer et le Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques.

Renseignements : Jeanine Le Sech, INRA, 78352 Jouy-en-Josas. Tél. : (1) 34.65.21.07. Fax : (1) 34.65.20.85.

SÉMINAIRE DU SERVICE DES MOLÉCULES MARQUÉES

SACLAY
7 juin 1994

Organisé par le SMM du département de biologie cellulaire et moléculaire du Centre d'Études Nucléaire de Saclay, ce séminaire se tiendra dans la bibliothèque du bâtiment 547 du CEN-Saclay, à 11 h

- J.-P. Genet (ENSCP, Paris) : Développements récents en catalyse homogène pour maîtriser la sélectivité. Applications en synthèse totale.

Pour assister à ce séminaire, toute personne extérieure au Centre est priée de se mettre en rapport avec le secrétariat SMM (tél. (1) 69.08.52.55).

REGARDS SUR LES PROTÉINES

MARSEILLE
7-9 juin 1994

La Société Française de Biochimie et Biologie Moléculaire organise, à Marseille, son colloque annuel de printemps. Ce colloque sera consacré aux aspects structuraux et fonctionnels des protéines et à leur ingénierie, dans leurs développements les plus novateurs. Cette réunion revêtera en outre un aspect exceptionnel associé au 80e anniversaire de la SFBBM.

Renseignements : Mireille Bruschi, BIP-CNRS, 31, chemin Joseph-Aiguier, 13402 Marseille Cedex 20.

ZINC DAY 94

PARIS
8 juin 1994

"Partenaires pour le progrès" est le thème de cette manifestation organisée par l'International Zinc Association (IZA) et l'European General Galvanisers Association (EGGA) : galvanisation à chaud, marketing, image et environnement ; les marchés et les perspectives de développement de la galvanisation ; tendances pour l'avenir de l'industrie du zinc et de la galvanisation.

Renseignements : International Zinc Association, Paepsem Business Park, 22, bd Paepsem, 1070 Bruxelles, Belgique. Tél. : +32 (2) 529 19 80 1.

FIELD-FLOW FRACTIONATION

LUND (Suède)
13-15 juin 1994

Pour ce 4e Symposium international, le nombre de participants est limité à 80.

Renseignements : Agneta Sjögren, The Swedish Chemical Society, Wallingatan 24 3 tr, S-111 24 Stockholm, Suède. Fax : +46 (8) 10 66 78.

BOURSE DE L'EMPLOI

SFC

92154
DEA Chimie
Ingénieur ENIT
(matériaux organiques et production automatisée)
Cherche poste en région parisienne. Langues : anglais, espagnol.

DESS de génie des procédés de traitement des eaux
Stage en potabilisation d'eau et optimisation de pilotes en ultra et micro filtration
Cherche poste technique ou technico-commercial (terrain ou laboratoire)
Lieu : France et étranger
Langue : anglais

ABG

PEYRE Patrice
Né le : 24.08.1966
CETIM - Service Fatigue Rupture, Senlis
Docteur Mécanique Appliquée & Acoustique et Matériaux
Corrosion sous tension des inox, vieillissement des aciers, amélioration de la tenue en fatigue

d'alliages d'aluminium par ondes de choc-laser superficielles ; essais mécaniques, contraintes résiduelles ; caractérisation des états de surface ; physique : interaction laser-matière.

PILORGET Lionel
Né le : 13.07.1966
Institut de Recherche-Innovation & Systèmes Techniques, Karlsruhe, RFA, Ingénieur (École Centrale de Paris)
Stratégies d'innovation dans les entreprises ; marché du conseil en innovation en Europe ; évaluation de programmes d'action technologiques ; analyse de centres de recherche, en particulier dans le domaine CIM ; élaboration de stratégies et recommandations pour favoriser la coopération industrielle entre PME françaises et allemandes ; réalisation d'interviews et rédaction de rapports de synthèse ; bonne connaissance des institutions de recherche en Allemagne.
Anglais et allemand courants.

POTIER Lydie
Née le : 16.12.1967
Laboratoire Thermodynamique et Physico-

Chimie des Procédés Industriels,
UTC Compiègne
Docteur Génie des Procédés Industriels
Ingénieur Génie Chimique (UTC Compiègne)
formulation et caractérisation des émulsions simples et multiples ; analyse enthalpique différentielle, rhéologie et conductimétrie sur les transferts de matière aqueuses des émulsions multiples eau dans huile dans eau ; spécialisation en cosmétologie.
Anglais et allemand courants.

RICHERT Thierry
Né le : 14.07.1965
Laboratoire de Résonance Magnétique Nucléaire & Modélisation Moléculaire, Bor-deaux
Docteur Chimie Physique
RMN multinucléaire en phase liquide et solide, logiciels de RMN sur stations de calcul travaillant sous système Unix, mise au point de séquences d'impulsions, méthodes d'optimisation spectrale (entropie maximum, prédiction linéaire) ; analyses physico-chimiques.

L'Association Transfrontalière Universitaire (ATU) cherche pour son centre PHARMAPEPTIDES (Archamps, France)

**un directeur scientifique
(chimiste, biochimiste,
pharmacien).**

Expérience industrielle ou universitaire dans le domaine des peptides et de leur mise en forme médicamenteuse, doctorat. Excellentes connaissances français et anglais. Entrée en fonction : 1er juin 1994 ou à convenir.
Renseignements : Professeur Pierre Buri, 30, quai Ernest-Ansermet, CH-1211 Genève 4.

**2^e RENCONTRES
CHROMATOGRAPHIQUES**ÉVREUX
15-16 juin 1994

Le Club Chromatographie du Val-de-Seine organise ces 2^e rencontres chromatographiques, à Evreux au Cadran. Deux jours de conférences et une exposition de matériel par une quinzaine de constructeurs dans le domaine de la chromatographie.

Renseignements : M. Combret, Laboratoire Municipal et Régional de Rouen, 29, rue Bourg l'Abbé, 76000 Rouen. Tél. : 35.14.66.61. Fax : 35.14.63.49.

ENVIROMAN'94MANCHESTER (Grande-Bretagne)
28-30 juin 1994

Principaux thèmes : technologies propres (28 juin), minimisation des déchets, recyclage (29 juin), transport, air, terre, eau (30 juin).

Renseignements : BASIC, 6, Birch Drive, Maple Cross, Rickmansworth, Herts WD3 2UL, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (923) 774187. Fax : +44 (494) 714516.

**17th INTERNATIONAL
CARBOHYDRATE
SYMPOSIUM**OTTAWA (Canada)
17-22 juillet

Renseignements : H. Jennings, Institute of Biological Sciences, National Research Council of Canada, 100 Sussex Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada.

**LIQUID ATOMIZATION
AND SPRAY SYSTEMS**ROUEN
18-22 juillet 1994

ICLASS 94 est la 6^e Conférence internationale sur ce thème.

Renseignements : C. Dumouchel, Université de Rouen, Coria BP 18, 76821 Mont Saint-Aignan Cedex. Tél. : 35.14.65.60. Fax : 35.70.83.84.

**2nd INTERNATIONAL
CONFERENCE ON F-
ELEMENTS**HELSINKI (Finlande)
1-6 août 1994

Seront abordées la chimie, la physique des f-éléments ainsi que les applications industrielles.

Renseignements : Prof. L. Niinistö, ICFE-2, Helsinki University of Technology, Department of Chemical Engineering, Kemistintie 1, FIN-02150 Espoo, Finlande. Tél. : +358 (0) 45 12600. Fax : +358 (0) 46 2373.

**SUPRAMOLECULAR
CHEMISTRY - 100 YEARS
SCHLOSS-SCHLÜSSEL
PRINZIP**MAYENCE (Allemagne)
11-16 août 1994

Cette conférence européenne de recherche est consacrée à la reconnaissance moléculaire de la biologie aux matériaux.

Renseignements : Josip Hendekovic, European Science Foundation, 1 quai Lezay-Marnésia, 67080 Strasbourg Cedex. Tél. : 88.76.71.35. Fax : 88.36.69.87.

**10th INTERNATIONAL
HEAT TRANSFER
CONFERENCE**BRIGHTON (Grande-Bretagne)
14-18 août 1994

Renseignements : Mme M. Renaud, LEPT-ENSAM, Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence Cedex. Tél. : 56.84.54.02. Fax : 56.84.54.01.

**6th INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON
SOLUBILITY PHENOMENA**BUENOS AIRES (Argentine)
22-26 août 1994

Renseignements : Angela F. Danil de Namor, Department of Chemistry, University of Surrey, Guildford, Surrey, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (483) 300800, poste 2588. Fax : +44 (483) 300803.

GECO XXXVLE CROISIC
28 août-2 septembre 1994

Le Groupe d'Études en Chimie Organique (GECO) organise son Congrès annuel au Croisic.

Invité d'honneur :

Pr. G. Ourisson (Strasbourg).

Le programme comprend par ailleurs les conférenciers suivants : R. Bruckner (Göttingen, Allemagne), J.B. Hendrickson (Massachusetts, États-Unis), P. Knochel (Marburg, Allemagne), R. Lett (Roussel Uclaf, Romainville), I. Marko (Louvain-La-Neuve, Belgique), D. Plusquellec (université de Rennes I), X. Radisson (Rhône-Poulenc, Saint Fons) et H. Ringsdorf (Mayence, Allemagne).

Renseignements : René Gree, Synthèse et activations de biomolécules, ENSCR - URA 1467, av. du Général Leclerc, 35700 Rennes. Tél. : 99.87.13.83. Fax : 99.87.13.84.

MACROCYCLIC LIGANDSBUENOS AIRES (Argentine)
29 août-1^{er} septembre 1994

Ce 2^e symposium international sur les ligands macrocycliques concernera la conception des nouveaux matériaux.

Renseignements : Angela F. Danil de Namor, Department of Chemistry, University of Surrey, Guildford, Surrey, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (483) 300800, poste 2588. Fax : +44 (483) 300803.

JUNIOR EUROMAT 94LAUSANNE (Suisse)
29 août-2 septembre 1994

Organisés par la Fédération des Sociétés Européennes de Matériaux, ces symposiums comportent des conférences, ateliers, tables rondes et discussions informelles. Ils permettent aux jeunes chercheurs de l'Europe de présenter les résultats de leurs travaux devant leurs pairs et concurrents d'autres pays.

Renseignements : SF2M, 1, rue Paul Cézanne, 75008 Paris. Tél. : (1) 49.53.72.37. Fax : (1) 49.53.71.00.

**4^e JOURNÉES DE LA
MATIÈRE CONDENSÉE**RENNES
31 août-2 septembre 1994

Elles sont organisées par la Société Française de Physique.

Renseignements : J. Lemaître, JMC 4, Université de Rennes-I, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex.

**ÉCOLES D'ÉTÉ
MÉDITERRANÉENNES SUR
LES INTERFACES ET LA
LIAISON CHIMIQUE**AIX-EN-PROVENCE
4-11 septembre 1994

La 10^e École aura pour thème : "Des surfaces libres aux surfaces complexes". Elle s'adresse aux physiciens et physico-chimistes qui s'intéressent aux surfaces et interfaces dans l'optique du passage des surfaces bien définies aux surfaces modifiées. Le public concerné : les chercheurs, jeunes ou confirmés, qui sont confrontés à ces domaines et souhaitent élargir leurs connaissances, théoriques et expérimentales, par un contact direct avec des spécialistes de ces problèmes.

Les cours porteront sur :
- les surfaces bien définies (métaux, semi-conducteurs) et la théorie de la nanoscopie,
- les surfaces modifiées,
- les méthodes expérimentales d'étude.

Renseignements : Jean-Pierre Crousier, Université de Provence, case 26, 3, Place Victor Hugo, 13331 Marseille, Cedex 03. Tél. : 91.10.62.37. Fax : 91.10.62.03.

**6th BAZILIAN MEETING
ON ORGANIC SYNTHESIS**SAO PAULO (Brésil)
5-9 septembre 1994

Renseignements : João Comasseto, Universidade de São Paulo, Instituto de Química, Cx. Postal 20780, São Paulo, 05508-900, Brésil. Fax : +55 (11) 815-5579.

POLLUTEC 94

LYON

18-21 octobre 1994

Le 10e Salon international de l'environnement et des éco-industries traitera des thèmes de l'eau, des déchets, de l'air, de l'énergie, du nettoyage industriel et du bruit, et, cette année, de l'aménagement des espaces et des paysages.

Le salon devrait accueillir environ 1400 exposants de 22 pays, sur 60 000 m² (Pollutec 93, à Paris, avait réuni 1320 sociétés).

Renseignements : SEPPI-Tehnoexpo, 8, rue de la Michodière, 75002 Paris.
Tél. : (1) 47.42.92.56.
Fax : (1) 42.66.14.28.

CATALYSIS IN MULTIPHASE REACTORS

LYON

7-9 décembre 1994

Ce symposium européen est organisé par Rhône-Poulenc et le Centre National de la Recherche Scientifique.

Il sera consacré aux réactions catalytiques en milieu multiphasique : gaz-liquide-solide, gaz-liquide-liquide et liquide-liquide (catalyse homogène biphasique), et gaz-liquide-liquide-solide.

Renseignements : Unité mixte CNRS-Rhône-Poulenc "Réacteurs catalytiques triphasiques, 24, av. Jean Jaurès, 69153 Décines.
Tél. : 72.05.26.24. Fax : 72.05.21.27.

7e CONGRÈS EUROPÉEN DE BIOTECHNOLOGIE

NICE

19-23 février 1995

Organisé par Adebio, Chimie et Écologie, la Société de Chimie Industrielle et la Société Française de Microbiologie, ECB7 sera la 69e manifestation de la Fédération Européenne du Génie Biologique. Elle se tiendra un siècle après la disparition de Louis Pasteur.

Au programme : les récents progrès en science fondamentale, les sphères d'application, les problèmes socio-économiques.

Date limite de soumission des résumés de communications : 1er octobre 1994.

Une exposition est prévue.

Renseignements : Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : (1) 45.55.69.46. Fax : (1) 45.55.40.33.

BIOCHEMISCHE ANALYTIK 95

LEIPZIG (Allemagne)

25-28 avril 1995

Les thèmes du congrès et du salon seront la biochimie, la biochimie pathologique, la chimie clinique, la microbiologie, l'immunologie et la biologie moléculaire ainsi que les spécialités voisines de ces domaines.

Renseignements : Leipziger Messe GmbH, Presseabteilung, Postfach 720 Markt 11-15, O-7010 Leipzig, Allemagne. Tél. : +49 (341) 2 23-0. Fax : +49 (341) 2 23-20 41.

OFTECH 95 - 2nd INTERNATIONAL EXHIBITION FOR SURFACE TECHNOLOGY

ESSEN (Allemagne)

10-13 mai 1995

Renseignements : Mr. Uwe Windler, Mack-Brooks Exhibitions Ltd., Forum Place, Hatfield, Herts. AL10 0RN, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (707) 275641. Fax : +44 (707) 275544.

4th SCANDINAVIAN SYMPOSIUM ON CHEMOMETRICS

Lund (Suède)

12-16 juin 1995

Renseignements : The Swedish Chemical Society, Wallingatan 24, 3tr, S-111 24 Stockolm, Suède. Tél. : +46 (8) 11.52.80. Fax : +46 (8) 10.66.78.

LOSS PREVENTION AND SAFETY PROMOTION IN THE PROCESS INDUSTRIES

ANVERS (Belgique)

19-23 juin 1995

Cette manifestation de la Fédération Européenne du Génie Chimique est organisée par la section sécurité de la Royal Flemish Society of Engineers (TI-K VIV), en coopération avec le Center for Chemical Process Safety (CCPS), États-Unis, et la Society of Loss Prevention in the Oil, Chemical and Process Industries (SLP), Singapour. Langue de ce 8e Symposium international : anglais.

Renseignements : c/o Ingenieurshuis

vzw, Desguinlei 214, B-2018 Antwerpen, Belgique. Tél. : +32 (3) 2160996. Fax : +32 (3) 2160689.

13e CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA CHIMIE DU PHOSPHORE

JÉRUSALEM (Israël)

16-21 juillet 1995

Renseignements : PO Box 50006, Tel Aviv, 61500 Israël. Tél. : +972 (3) 5174571. Fax : +972 (3) 660325 et (3) 517674.

35e CONGRES IUPAC

ISTANBUL (Turquie)

14-19 août 1995

Six domaines seront concernés par le 35e Congrès de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) :

- Besoins de l'homme et chimie (environnement, alimentation, énergie, santé).

- Chimie physique :

- transformation chimique, dynamique et structure.

- Chimie organique : synthèse, mécanisme et produits naturels.

- Science des polymères et matériaux à haute technologie.

- Chimie analytique et instrumentation.

- Chimie inorganique et état solide.

Langue du congrès : anglais.

Le 31 décembre 1994 est la date limite de soumission des résumés de communications.

Renseignements : A.R. Berkem, 35th IUPAC Congress, Halaskargasi Cad. No : 53 D. 8, 80230 Harbiye, Istanbul, Turquie.

Tarif préférentiel

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Je désire m'abonner à **L'Actualité chimique** et souhaite bénéficier du tarif préférentiel réservé aux membres de la SFC

A _____ le _____

Signature

Formulaire à renvoyer à la Société française de Chimie

250, rue St Jacques, 75005 Paris,
Tél. (33-1) 43.25.20.78,
Fax. 43.25.87.63,

