

## Jöns Jacob Berzelius



Joseph-Louis Gay-Lussac et Jöns Jacob Berzelius sont nés à quelques mois d'intervalle, le premier en décembre 1778, le second en août 1779.

A l'occasion des bi-centenaires de leur naissance, la Société Chimique de France et la Société Chimique de Suède ont décidé, pour leur rendre hommage, d'échanger et de publier dans leurs revues *Kemisk Tidskrift* et *L'actualité chimique*, deux articles consacrés à la vie et l'œuvre scientifique de ces deux pionniers de la chimie moderne. L'hommage à Gay-Lussac a paru dans le numéro de septembre 1978 de *L'actualité chimique*. On trouvera, ci-contre, l'hommage à Berzelius rédigé par le Docteur Jan Trofast.

## Jöns Jacob Berzelius et la chimie moderne

par le Dr. Jan Trofast

(Draco SA, Lund)

*Cette année, le 20 août, nous fêtons le 200<sup>e</sup> anniversaire de la naissance du chimiste Jöns Berzelius. Doué d'un mode de réflexion systématique, et grâce à un grand nombre de résultats expérimentaux, Berzelius a fait de la chimie une science exacte. Les notions chimiques actuelles et classiques telles que l'isomérisie, la catalyse, les protéines et les représentations chimiques par signes, portent toutes l'empreinte de Berzelius. Grâce à sa clairvoyance et à sa perspicacité et grâce à son amour de la vérité, Berzelius s'est avéré le Maître à penser de plusieurs générations de chimistes.*

La chimie en tant que science n'a que quelques centaines d'années, mais la chimie en tant que technique remonte au temps où l'homme a surmonté sa peur du feu et l'a domestiqué. En remontant jusqu'à la nuit des temps, on a toujours connu environ neuf substances fondamentales, notamment des métaux tels que l'or, l'argent, le mercure, le cuivre, le fer, l'étain et le plomb ainsi que des éléments non métalliques tels que le carbone et le soufre. L'alchimie, c'est-à-dire l'opération consistant à essayer de fabriquer des métaux plus nobles, spécialement l'or, à partir de métaux moins nobles, a été l'objet pendant plusieurs siècles d'un nombre incroyable de méthodes mystérieuses et obscures, afin de dissimuler la vérité aux ignorants et de donner aux initiés l'impression de connaissances spéciales. Très tôt, les alchimistes ont été au courant des réactions chimiques permettant d'obtenir des substances dorées ou rouges et brillantes. Mais ces idées nouvelles avaient peu de chance de se réaliser. Vers les années 1500, l'alchimie et l'art de la médecine étaient liés et les chimistes commencèrent à préparer des remèdes. L'alchimie a continué à survivre pendant encore plusieurs siècles. Les progrès scientifiques, réalisés dans le domaine de la chimie entre les années 1600 et 1700, étaient peu nombreux, comparés à tout ce qui se passait dans le domaine de l'astronomie, de la mécanique et des mathématiques. La chimie n'avait pas encore connu d'hommes comme Kepler, Galilée et Newton, même si Boyle avait réussi à établir les bases d'un travail continu, sans faire appel à des spéculations purement philosophiques.

Au début des années 1700, est apparue cependant une théorie de la chimie, appelée la théorie du phlogistique. L'idée première était que toutes les substances inflammables contenaient une substance, le phlogistique, qui s'échappait pendant la combustion en se transformant en d'autres substances. Cette théorie a été très rapidement acceptée. Dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, on commença à s'interroger sur la nature même de ce phlogistique et bientôt sont apparues autant de théories sur cette notion que de savants en puissance. Les chimistes suédois du début du XVIII<sup>e</sup> siècle se sont principalement intéressés aux applications pratiques de cette scien-

ce. Pour la plupart d'entre eux, ils ont tous accepté la théorie du phlogistique sans étudier plus profondément, ni même examiner de façon plus critique, la teneur de cette théorie. Ce n'est qu'à la fin de ce siècle que les théories chimiques ont été mises en question et plus particulièrement par Bergman et Scheele.

Telle était la situation lorsque le chimiste français Lavoisier est entré en scène. Sa contribution la plus importante a été d'exprimer, en termes quantitatifs, la nature de la combustion et par là-même le rôle du phlogistique s'est trouvé complètement éliminé. Lavoisier n'était pas le premier à utiliser une balance pour ses expériences chimiques, mais il a été le premier à l'utiliser dans de très nombreuses expériences. Par exemple, il pouvait montrer, à l'aide d'une balance, que l'eau ne pouvait pas se transformer en terre lors d'une ébullition prolongée.

Après l'expérience de Scheele et de Priestley sur la découverte récente des acides, Lavoisier introduisit l'hypothèse selon laquelle chaque acide possédait l'élément oxygène comme caractéristique de la composition de l'acide. Cette notion révolutionna toute la chimie et contribua à un changement complet de la terminologie et de la philosophie de cette science.

Au seuil du XIX<sup>e</sup> siècle, la théorie du phlogistique se trouva ainsi battue en brèche. Le système de Lavoisier s'était imposé comme une branche scientifique indépendante et par là-même s'était dissocié de la médecine et de la pharmacie.

Sur le plan politique, c'était également une période assez mouvementée. De nombreuses guerres éclataient en Europe. La chute de l'Ancien Régime en France avait entraîné un essor technique qui, d'un autre côté, se trouvait contrecarré par les mauvais moyens de communications entre les savants de divers pays.

C'est pendant ces jours tourmentés que Jöns Jacob Berzelius est né à Väversunda, dans la région de Täcker dans l'Östergötland, le 20 août 1779. Il fut orphelin très jeune et, pendant toute son enfance, il a souvent goûté

aux difficultés de la vie. Ce petit « gosse » blond a souvent fait les 400 coups avec ses autres camarades orphelins, est passé entre les mains de plusieurs parents adoptifs, et plus tard, au cours de sa vie, il a déclaré qu'il était dans l'incapacité de partager les joies des autres, rien qu'à la pensée de son enfance. Mais, ce sont peut-être ces circonstances qui l'ont forcé, très tôt, à se débrouiller tout seul et à savoir faire une distinction entre les gens et entre les choses, guidé par un « bon sens » courageux. Il a dû souvent interrompre ses études au lycée de Linköping et à l'université d'Uppsala pour travailler de façon à pouvoir gagner sa vie. Après avoir obtenu sa licence à Uppsala, il se rendit à Stockholm en 1802 où il trouva un emploi d'adjoint en médecine dans le secteur de l'enseignement de chirurgie ou bien à l'école de chirurgie qui, huit ans plus tard, devait devenir le Karolinska Institutet. Une maladie assez longue, en 1803, lui provoqua une migraine qui revint régulièrement et très longtemps dans sa vie (« ma migraine lunatique »)\*.

Au cours d'un voyage, Berzelius entra bientôt en contact avec le riche industriel Wilhelm Hisinger, très intéressé par les sciences naturelles. Ensemble, ils réalisèrent un certain nombre d'expériences et, entre autre, ils expérimentèrent l'action d'une pile galvanique sur des solutions salines. De nombreuses expériences avaient déjà été réalisées en Europe sur ces nouvelles notions, quelques années plus tôt, par Galvani et Volta. Par la suite, ils réussirent à isoler une nouvelle matière fondamentale, le cérium, tiré du minerai de tungstène de Bastnäs, dans le Skinnskatteberg. Les travaux de recherche de Berzelius étaient déjà, dès cette époque, fonction des humeurs changeantes de son caractère. En 1807, il obtint un emploi sûr en étant nommé professeur de médecine et de pharmacie. Pour son enseignement en chimie physiologique au Karolinska Institutet, il ne trouva pas de bons manuels de références en suédois : c'est pourquoi il décida d'écrire lui-même ses ouvrages. Le « Cours de chimie animale », paru en 1806 et 1808, manquait de bonnes connaissances en chimie, et, comme il n'y avait aucune littérature existante en suédois, il commença à mettre au point un « Manuel de chimie », comprenant six volumes au total, entre les années 1808 et 1830.

Au cours de ces études bibliographiques, Berzelius a été amené à entrer en contact avec les travaux du chimiste allemand Richter sur la stœchiométrie. Richter s'était efforcé de rendre compte des réactions chimiques sous une forme mathématique, en étudiant la quantité de base nécessaire pour neutraliser une quantité donnée d'acide. La précision de ses analyses laissait souvent à désirer. Les résultats de Richter, qui avaient été déjà publiés vers les années 1790, avaient connu peu de succès à cette époque où les théories de la chimie se trouvaient si fondamentalement transformées. La mise au point des idées de Richter devait constituer l'objectif des études de Berzelius pendant de nombreuses années. A cette époque, ont été

publiées les théories de Dalton sur les proportions multiples. Dalton attribua à chaque atome un poids relatif, que l'on appela le poids atomique, et instaura des règles sur la façon dont ces atomes pouvaient former des liaisons chimiques. Les preuves des règles de Dalton étaient assez vagues et Berzelius réussit à montrer l'exactitude de certaines théories grâce à des analyses chimiques très précises. Les travaux de Gay-Lussac sur les rapports volumiques des gaz ont également été d'une importance fondamentale pour la mise au point de la théorie des proportions multiples.

Berzelius, à partir de ses études électrochimiques, a mis au point une théorie se fondant sur le fait que chaque substance comprend une partie électrique positive et une partie électrique négative, l'association de ces deux parties se faisant par attraction. Grâce à cette théorie, Berzelius, dont le mode de réflexion était très systématique, mit au point un système simple et facile à comprendre pour toute la chimie. L'acide, avec sa charge électronégative, à l'instar de tout le système de Lavoisier, joua un grand rôle, étant donné qu'on découvrit en même temps des acides, des bases et des sels ainsi que des oxydes et des associations entre oxydes. Les preuves expérimentales de ces théories furent publiées, en 1818, sous la forme d'un tableau appartenant à la troisième partie de son livre d'enseignement. Berzelius y présenta les résultats d'analyse d'environ 2 000 composés et avait calculé les poids atomiques d'environ 45 des 49 substances fondamentales connues.

Les très nombreuses analyses de Berzelius étaient d'une précision surprenante. Pour obtenir l'ensemble de ces résultats, Berzelius améliora ou inventa toute une série d'appareils et de méthodes (système de filtration, lampe à chalumeau, pissette, etc.). Il en profita, en outre, pour utiliser les connaissances qu'il avait déjà préalablement accumulées, entre autre, à la pharmacie de Vadstena (soufflage du verre) et chez son bon ami Gahn, à Falun (tournage, art du soufflage de verre). Quelques-unes des caractéristiques de sa stratégie, lors du choix d'une méthode d'analyse, se trouvent dans la troisième partie de son manuel : « *Au cours des années précédentes, on a beaucoup conseillé d'essayer de déterminer des rapports quantitatifs entre les mesures de volumes de gaz, mais cela n'est pas toujours facile à réaliser, étant donné qu'on dispose parfois de petites quantités, et que les gaz sont également très légers. J'ai toujours pensé que la meilleure façon de procéder à des études quantitatives était de réaliser, dans la mesure du possible, l'expérience de façon à ce que toutes les substances puissent être pesées. On obtient souvent avec une grande précision le poids d'un gaz en déterminant la perte de poids après son départ.* »

Vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, sont apparus de nombreux projets concernant le langage et la nomenclature chimique. Il faut citer ici Bergman, Hassenfrat Adet ainsi que Dalton. Le point commun à tous ces systèmes était l'utilisation de symboles géométriques, mais

leur utilisation était compliquée, notamment pour les liaisons chimiques, de même que pour les compositions un peu compliquées, et la représentation typographique était très mal aisée. Aussi, Berzelius pensa que le langage chimique devait être simplifié et contenir le nom de la substance pour être d'utilisation et de mémorisation faciles. Il choisit à cet effet, la lettre initiale du nom latin de l'élément, et, si plusieurs éléments commençaient par la même lettre, il ajoutait la lettre suivante, ou bien, en cas de confusion possible, il ajoutait à la place la première consonne qui n'était pas commune à deux éléments. Par exemple :

C = Carbonicum, Cu = Cuprum,  
Co = Cobaltum, S = Sulphurium,  
Sb = Stibium, Sn = Stannum, etc.

La signification de ces symboles, sous forme de lettres, ne se contentait pas de désigner la substance, mais comportait également les constantes chimiques les plus importantes de la substance. C'est ainsi que la description des éléments contenait une notion qualitative et quantitative. Puisque l'oxygène constituait l'élément fondamental de la science de Lavoisier-Berzelius, on lui accorda le poids atomique 100.

L'année 1818 symbolisa le sommet de la carrière expérimentale de Berzelius. Il était à bout de force et on lui avait recommandé un grand voyage pour se reposer. Il se rendit chez le savant Mecka à Paris. Il eut ainsi l'occasion de travailler avec les plus éminents chercheurs de l'époque. Il y avait là Gay-Lussac, Thenard, Biot, Laplace, Berthollet, etc. Il rendit visite à toute une série d'enseignants en matière de chimie et il écrivit à son homme d'affaires à Stockholm, Carl Palmstedts : « *Je suis tellement occupé avec les cours, que j'ai à peine le temps de prendre mon petit déjeuner du matin. Thenard et Gay-Lussac enseignent comme des anges et c'est un vrai plaisir de les entendre; Vauquelin a une voix faible, mais son adjoint réalise une expérience avec une habileté tellement remarquable qu'il y a là aussi beaucoup à apprendre.* »

Après avoir passé presque un an à Paris, il rentra chez lui. Pendant son séjour à Paris, Berzelius avait été choisi comme secrétaire permanent de l'Académie Royale Scientifique de Suède, aussi, le travail administratif devait occuper une partie importante de son temps dans l'avenir. Après la réorganisation de l'Académie Scientifique en 1821, Berzelius commença à examiner chaque année, et de façon critique, les progrès réalisés au cours des années précédentes dans son domaine scientifique. Le résultat aboutit à son ouvrage très connu appelé « *Mise au point annuel des progrès de la science.* » Il a réussi, pendant 27 années, à écrire chaque fois un traité qui avait souvent plus de 400 pages, et qui, à lui seul, suffit pour montrer les énormes capacités de cet homme.

Dans le laboratoire de Berzelius, les élèves se succédaient; c'est là qu'ont travaillé des chimistes très connus tels que Wöhler, Mitscherlich, les frères Rose, Magnus et Mosander. L'ami de Berzelius, le négociant Carl

\* En français dans le texte.



Figure 1. Extraits de diverses représentations chimiques. 1. T. Bergman 1775, (Cours Chimiques de Scheffer). 2. J. H. Hassenfratz et P. A. Adet, 1787, (Traduction de A. Sparrmans de la Fourcroys Philosophic chemica, 1795). 3. J. Dalton (Nouveau Système de Philosophie Chimique 1810). 4. J. J. Berzelius, 1814, (Tentatives d'introduction d'un système scientifique simple grâce à l'utilisation de la théorie électrochimique et des proportions chimiques, pour la minéralogie, 1814).

Palmstedt, a couché sur le papier ses pensées lors du dîner d'adieu que Berzelius avait donné le 26 octobre 1821, alors que H. Rose et E. Mitscherlich devaient retourner dans leur patrie :

Dans les volutes des fumées et des vapeurs,  
Et dans le chimique brouillard des officines,  
Deux fils de Germanie avec espoir et bonheur  
Recherchent des affinités la chimique origine  
Il se trouve un pays, en cette Scandinavie  
Où les cuisiniers respectent à l'envie  
La pondérale teneur de tous leurs ingrédients.

Des boues asséchées de cet humide pays,  
Est venu *Mitscherlich* jusqu'en Scandinavie  
Pour, de son teint blafard et sa carrure altière  
Découvrir, en passant, la terre toute entière  
Et nous apprendre à considérer sans détour  
Tous les secrets chimiques dont un corps s'entoure,  
Et puissions-nous les voir tous en même temps !

C'est sur Spreefloden et sa plage  
Que notre *Rose* troublé a posé son visage  
Complètement épuisé par tous ces protoxydes  
Ce regard annonçait des connaissances solides.  
Rapide comme l'éclair il disséquait l'atome  
Et sans cesse complétait son immuable axiome :  
A lutter sans exploits, on triomphe sans gloire.

Tu manqueras à nos fêtes, érudit compagnon !  
Mais ta célébrité nous sera éternelle  
Et les gaz, qui de partout s'échapperont,  
Viendront sussurer notre peine cruelle :  
Skål ! Trois fois Skål, cher collaborateur  
Puisse tes connaissances atteindre les hauteurs  
Vers lesquelles progresse ton cœur vaillant et bon.

Et toi ! Source pour nous de vrai et de droit,  
Gardien des trésors de la gastronomie,  
Reçois notre adieu comme en Scandinavie,  
Nous n'oublierons jamais ton amitié, crois-moi  
Que les gaz s'élèvent en nuages élogieux  
La chimie t'adore, vous êtes amoureux  
Vive la chimie ! Vive *Berzelius* !

L'intérêt précoce de Berzelius pour la chimie physiologique était toujours resté latent chez lui et il a eu très souvent l'occasion, en tant qu'auteur, de mener des recherches en laboratoire afin d'éclairer certains domaines demeurés obscurs. Au cours de ses expériences, il a pu plusieurs fois constater qu'une substance pouvait agir sur une réaction sans être elle-même consommée. Par exemple, de l'alcool pouvait très bien être oxydé en acide acétique, à l'aide d'une toute petite masse de platine, de même que du sucre pouvait être transformé en alcool et en dioxyde de carbone (levure), etc. Il s'agit là d'exemples de quelques-uns des nombreux phénomènes mystérieux qui entouraient la vie des chimistes d'alors. Berzelius désigna toutes ces propriétés par la notion de « catalyse ». Il était encore loin d'imaginer les différents secteurs d'activités de recherche qui devaient se développer dans ce domaine au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

Berzelius montre, dans une lettre adressée au chimiste allemand Liebig, en 1835, l'importance de ces études des processus vivants. Il lui signifiait qu'il était très vraisemblable que les « forces de la catalyse » aient joué un rôle décisif chez tous les êtres vivants et que les processus intervenant chez les animaux et les plantes étaient certainement tous provoqués par la localisation de ces substances dans différents organes. Il suffit pour cela de penser au rôle des enzymes dans le corps.

Dans les années 1820, Wöhler réussit à synthétiser la première liaison organique en laboratoire en obtenant de l'urée à partir du cyanate d'ammonium. Ces deux substances ont la même composition mais des propriétés complètement différentes, phénomène auquel Berzelius avait donné le nom d'*isomérisie*. De nombreuses notions que nous utilisons aujourd'hui telles que *isomérisie*, *catalyse*, *protéines*, *langage chimique*, etc.,

ont été introduites par Berzelius, en vue d'organiser de très vastes domaines de la chimie.

Dans son enfance, les sciences naturelles ont été une source inépuisable de joies et de réconfort pour Berzelius, mais, plus tard dans sa vie, il s'est souvent senti seul et fatigué. Cet homme du monde, autrefois si joyeux, participa de moins en moins à la vie publique; vers l'âge de 56 ans (en 1835) Berzelius se maria avec Elisabeth (Betty), âgée de 24 ans, fille de son ami de longue date Poppius. Le Roi Karl Johan XIV l'honora, le jour de son mariage, en l'élevant au titre de baron. Le couple fut heureux mais n'eut pas d'enfant.

La santé de Berzelius alla en se dégradant avec les années. Les migraines de son enfance, qui revenaient à intervalles réguliers, l'affligeaient de plus en plus. Il mourut le 8 août 1848.

En résumé, pour nous, quelle importance Berzelius a-t-il eu pour l'avenir ? Grâce à la persévérance de son travail, au cours des années 1810, il a pu, expérimentalement, déduire les poids relatifs des substances fondamentales, et faire de la chimie une science exacte par rapport à la chimie purement descriptive des époques précédentes. Grâce à ses talents d'auteur et à ses connaissances encyclopédiques, il a pu en même temps donner une image complète et critique des progrès de la science. Bien que la théorie électrochimique n'ait pu être adaptée à la chimie organique, on peut cependant constater à juste titre que cette théorie correspondait totalement aux besoins de la science au moment où celle-ci a été découverte. Plusieurs idées de Berzelius ont de nos jours laissé place à d'autres, mais elles ont, on le reconnaîtra ici, illustré la qualité de sa façon d'échafauder des hypothèses.