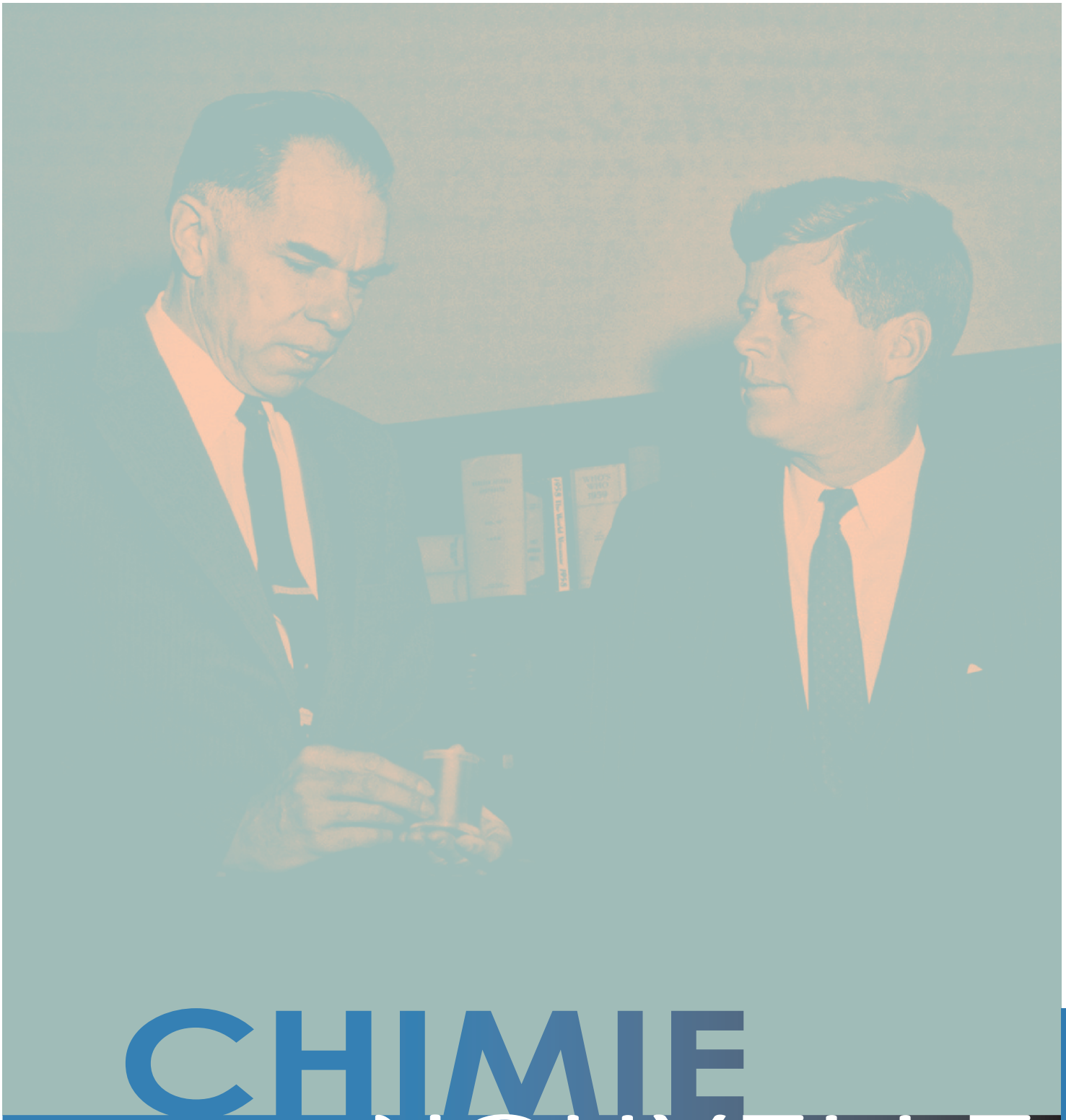


CHIMIE NOUVELLE

CN 129

LA REVUE DE CONTACT DE LA **SOCIÉTÉ ROYALE DE CHIMIE**

Numéro spécial
Histoire de la chimie

36ème année - **décembre 2018**

Sommaire

Histoire de la chimie

Chemical Sciences in Development

Glenn Seaborg, The Periodic Table and a Belgian NGO 1
S. A. MATLIN et A. KRIEF

Langue symbolique et codes de la chimie

D'où vient le « chemish » ? Étude de la langue symbolique chimique comme un miroir des avancées théoriques et expérimentales des chimistes dans l'histoire 11
J. DEHON et P. SNAUWAERT

Chimie et Pharmacie au « château Le Docte »

Roger van Cutsem et sa famille au « château Le Docte », de 1939 à 1943. Les Laboratoires Triosol à Chastre 32
C. GILLE, P. GOUVERNEUR et M. FLAHAUT

Directeurs de rédaction

Bernard Mahieu
UCL, Ecole de Chimie
Place Pasteur, 1
Boite L4.01.07
1348 Louvain-la-Neuve
bernard.mahieu@uclouvain.be

Benoît Champagne
UNamur,
Département de Chimie
Rue de Bruxelles, 61
5000 Namur
benoit.champagne@unamur.be

Comité de rédaction

Kristin Bartik, ULB
Gwilherm Evano, ULB
Philippe Dubois, UMons
Sophie Laurent, UMons
Bernard Joris, ULg
Raphaël Robiette, UCL
Damien Debecker, UCL
Johan Wouters, UNamur
André Colas, Dow Corning

Infographisme:

Emmanuel Bonaffini
emmanuel@norproduction.eu

Secrétariat

Violaine SIZAIRE
ULB
avenue Franklin Roosevelt 50, CP 160/07 1050 Bruxelles
Tel : +32 2 650 52 08 Fax : +32 2 650 51 84 - email : src@ulb.ac.be
Fortis : 210-0420804-70 Dexia : 088-0169820-65

Comité directeur

Conseil de gestion

Président	B. Champagne, UNamur	benoit.champagne@unamur.be
Vice-président	L. Provins, UCB	laurent.provins@ucb.com
Président sortant	T. Randoux, Certech	Thierry.Randoux@certech.be
Secrétaire générale	C. Buess-Herman, ULB	cbuess@ulb.ac.be
Trésorier	P. Laurent, ULB	plaurent@ulb.ac.be
Délégué relations extérieures	P. Baekelmans, Solvay	paul.baekelmans@solvay.com
Délégué communication	A. Colas, Dow Corning	colas.andre@outlook.com

Divisions

Chimie Médicinale	L. Provins, UCB	laurent.provins@ucb.com
Jeunes Chimistes	S. van den Wildenberg, ULg	svdwildenberg@ulg.ac.be
Histoire et Enseignement de la Chimie	B. Van Tiggelen	vantiggelen@memosciences.be
	C. Moucheron, ULB	cmouche@ulb.ac.be
Délégué Essenscia Wallonie	T. Randoux, Certech	Thierry.Randoux@certech.be

Sections locales

Bruxelles	A. De Wit, ULB	adewit@ulb.ac.be
Louvain-la-Neuve	R. Robiette, UCL	raphael.robiette@uclouvain.be
Mons	P. Gerbaux, UMONS	Pascal.GERBAUX@umons.ac.be
Liège	A. S. Duwez, ULg	asduwez@ulg.ac.be
Namur	S. Vincent, UNamur	stephane.vincent@unamur.be

Membres protecteurs de la SRC

ALLNEX
CERTECH
DOW CORNING
EXXONMOBIL CHEMICAL
ESSENSCIA
LHOIST
SOLVAY
TOTAL PETROCHEMICALS RESEARCH FELUY
UCB

Parution : trimestrielle

Avec le soutien du Fonds National de la Recherche Scientifique.
Les articles paraissant dans Chimie nouvelle sont repris dans CHEMICAL ABSTRACTS

Editeur responsable : Claudine Buess-Herman,
ULB, CP 160/07,
avenue Roosevelt 50, 1050 Bruxelles

Les articles sont soumis à un processus de reviewing.
Les annonces publicitaires sont établies sous la responsabilité des firmes.

« CHIMIE NOUVELLE » est un titre déposé

ISBN 0771-730X

Stephen A. MATLIN (1) and Alain KRIEF (2)
(1) Head of Strategic Development for the International Organization for Chemical Sciences in Development (IOCD) and Adjunct Professor in the Institute of Global Health Innovation, Imperial College London, London SW7 2AZ, UK.
s.matlin@imperial.ac.uk
(2) Executive Director of IOCD, Emeritus Professor in the Chemistry Department, Namur University, B-5000 Namur, Belgium and Adjunct Professor, HEJ Research Institute of Chemistry, University of Karachi, Pakistan.
alain.krief@unamur.be

Glenn Seaborg, The Periodic Table and a Belgian NGO

1. Introduction

Glenn Seaborg [1] was one of the greatest scientists of the 20th century, a chemistry Nobel Laureate who was responsible for the identification and production of plutonium and discovery of nine additional elements as well as for a major revision of the Periodic Table.

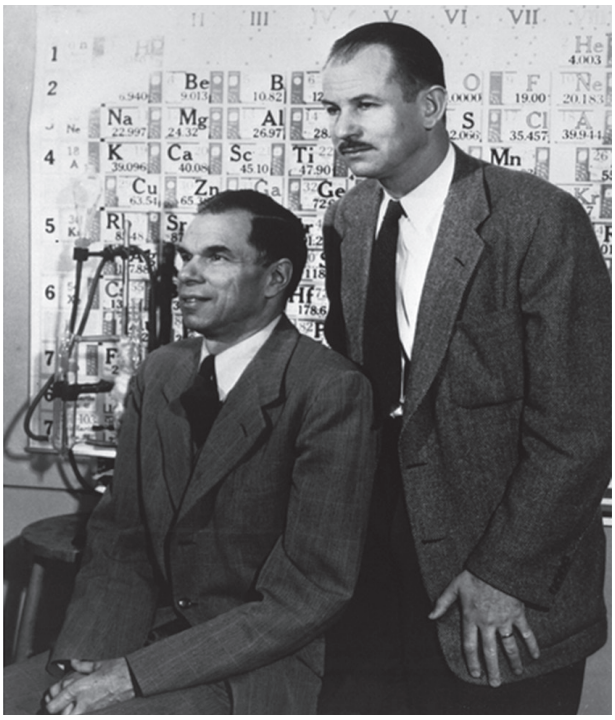
While his work on plutonium played a major role in the creation of nuclear weapons, he was personally profoundly committed to peace [2] and to the role that science could play in international development. In collaboration with the Belgian chemist Pierre Crabbé, Seaborg was a co-founder and became the first President of the International Organization for Chemical Sciences in Development (IOCD), an international nongovernmental organization (NGO) headquartered in Belgium.

Glenn T. Seaborg looking at the first pure plutonium ($Pu(OH)_4$) produced from cyclotron at University of Chicago on August 20, 1942
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory

Seaborg died in 1999 and the 20th anniversary of this event falls in the year designated by the UN as the International Year of the Periodic Table of the Chemical Elements, which celebrates the 150th anniversary of the publication of the landmark Periodic Table by Russian chemist Dmitry Mendeleev. The year also marks the 100th anniversary of the founding in Paris in 1919 of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), which has played a central role in the recognition and nomenclature of new elements. This triple, interconnected group of anniversaries provides the opportunity for a reflection on the contributions of the founding President to chemistry and global development and the legacy of the Belgian NGO he helped to create.

2. New elements and a revised Periodic Table

The American chemist Glenn Theodore Seaborg (19 April 1912 - 25 February 1999), whose mother had immigrated to the USA from Sweden, shared the 1951 Nobel Prize for Chemistry [3] with the physicist Edwin Mattison McMillan for their work on trans-uranium elements.



Glenn T. Seaborg (left) and Edwin M. McMillan in front of the Periodic Table, soon after the announcement of winning the 1951 Nobel Prize in Chemistry.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory

Seaborg had gained a PhD in Chemistry from the University of California, Berkeley in 1937, having worked in the UC Radiation Laboratory (the forerunner of the Lawrence Berkeley National Laboratory) from 1934. He joined the UC Berkeley faculty in 1939. Seaborg led the team which, in 1941, accomplished the first chemical separation and positive identification of plutonium, element 94, a sample of which they created by the bombardment of uranium with deuterons in a cyclotron built by Ernest Lawrence.

Seaborg was subsequently responsible for isolating plutonium from the reaction products in newly devised uranium reactors, and for scaling up its extraction from ultramicroscopic laboratory amounts to a full-scale plant by what he called *"surely the greatest scale-up factor [10 billion] ever attempted"*. The plutonium was used in World War 2 in one of the first atomic weapons, the 'Fat Boy' nuclear bomb dropped on Nagasaki on 9 August 1945.

Seaborg went on to be co-discoverer of 9 elements beyond plutonium: americium (95), curium (96), berkelium (97), californium (98), einsteinium (99), fermium (100), mendelevium (101), nobelium (102), and seaborgium (106). These new elements were all created by high-energy particle collisions in nuclear reactors, particle accelerators, or nuclear explosions [4, 5] accomplishing a feat of transmutation of one element into another that had been the dream of the alchemists in their search

Group → / ↓Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Lanthanides				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

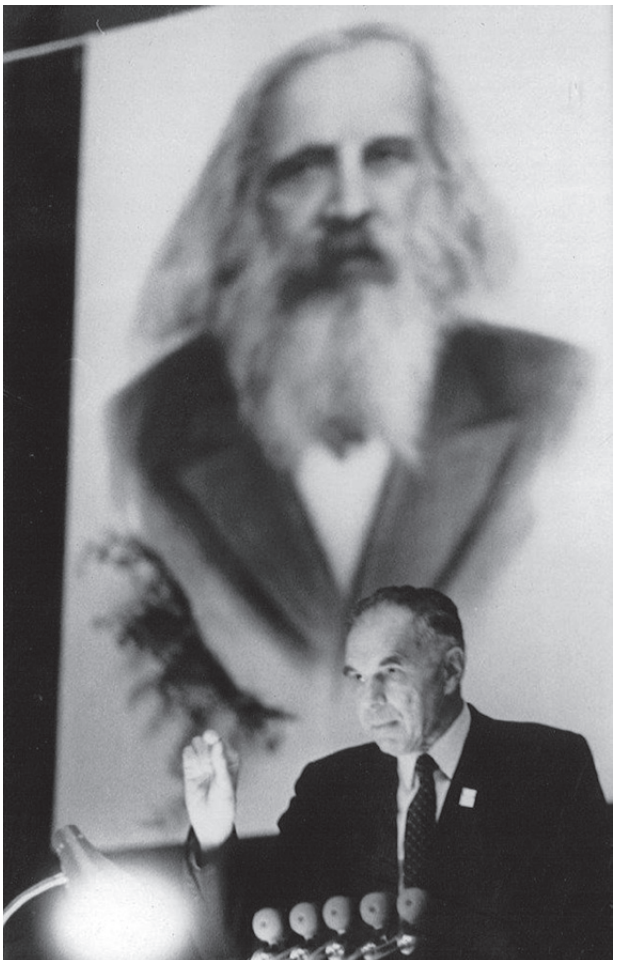
Actinide elements synthesised by Seaborg

Figure 1. Periodic Table of the Chemical Elements

for the 'Philosopher's Stone' that would turn base metals into gold. Indeed, later on Seaborg's group did produce minute quantities of gold by bombarding bismuth with high-energy carbon and neon nuclei [6] and he wryly titled a collection of his papers *Modern Alchemy* [7].

The eventual official naming of element 106 as seaborgium by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) in 1997, after a protracted period of controversy, was a particular honour since no element had previously been named after a living chemist.

A major step in understanding the theoretical underpinnings of the Periodic Table had been taken with the work of Henry Moseley, which established atomic number (the number of protons in the nucleus), rather than atomic weight, as the basis of ordering of the elements in the Periodic Table [8], with variable numbers of neutrons associated with the nucleus giving rise to more or less stable isotopes, and Moseley predicted that new elements would be found. Seaborg recognised that the 14 elements beyond actinium (89) formed a family, in the same way that the 14 elements beyond lanthanum (57) formed a 'lanthanide' series.



He first enunciated the 'actinide concept' in 1944, and this led to the first major revision of the structure of the Periodic Table (Figure 1) since Mendeleev's time.

Seaborg's work now established that the lanthanide and actinide series were distinct from the d-block elements and involve the filling of electrons into the 4f and 5f shells, respectively. Seaborg and his colleagues were also responsible for the identification of more than 100 isotopes of different elements throughout the Periodic Table and his host, the Lawrence Berkeley National Laboratory in Berkeley, California, leads the world rankings with the most (634 isotopes by 2011) discovered by any institution [9].

3. Public service: science, education and society

As one of the most prominent and well-known scientists of the period, Seaborg became heavily involved in public roles in the USA following his Nobel Prize. Named as one of the *"Ten Outstanding Young Men in America"* by the U.S. Junior Chamber of Commerce in 1947, at one time Seaborg was listed in the Guinness Book of World Records as having the longest entry in Marquis *Who's Who in America* [10]. He served as Chancellor of the University of California at Berkeley from 1958 until 1961, when he was appointed by President Kennedy [11] to the Atomic Energy Commission (AEC) and designated Chairman of the Commission, an appointment he held until 1971.

Seaborg advised ten US Presidents, from F. D. Roosevelt to G. H. W. Bush. He was a champion for science education. During the Eisenhower administration, he was appointed to the President's Science Advisory Committee, where he served as Chairman of the Panel on Basic Research and Graduate Education. The Panel produced the influential 'Seaborg Report' on *Scientific Progress, the Universities, and the Federal Government*" in November 1960. Its most

Glenn Seaborg during a lecture marking the 100th anniversary of the Mendeleev periodic table in 1969.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory: Gift to IOCD of the deputy director of the LBNL Nuclear Science Division.

President John F. Kennedy and Glenn T. Seaborg at AEC Headquarters, Germantown, Maryland on February 16, 1961. Seaborg briefed the President on some nuclear energy fundamentals.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory: Courtesy of the United States Department of Energy, Germantown, Maryland. Photo by Elton P. Lord. Seaborg Lecture - My Service with Ten Presidents.

prominent recommendations were that the basis of general policy should be that basic research and the education of scientists go best together as inseparable functions of universities; and that federal support for basic research and graduate education in the sciences should be continued and flexibly increased, so as to support excellence where it already existed and to encourage new centres of outstanding work [12].

Appointed by President Ronald Reagan to serve on the National Commission on Excellence in Education, Seaborg was a forceful influence in toughening the critical stance that it took [13]. The landmark 1983 report [14] of the Commission, *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*, confirmed widespread, growing fears that US educational performance was declining [15].

This was *"in large part the result of disturbing inadequacies in the way the educational process itself is often conducted"*, with criticisms being levelled at educational content, expectations, the amount and effectiveness of time devoted to schoolwork and homework, and the training and professional conditions of teachers. Recommendations in all these areas were made and complemented by a call for better leadership, greater fiscal support and the acceptance by Federal Government of the primary responsibility for teaching. However, despite the immediate attention the Commission's report gained, many of its warning were not sufficiently addressed [16].

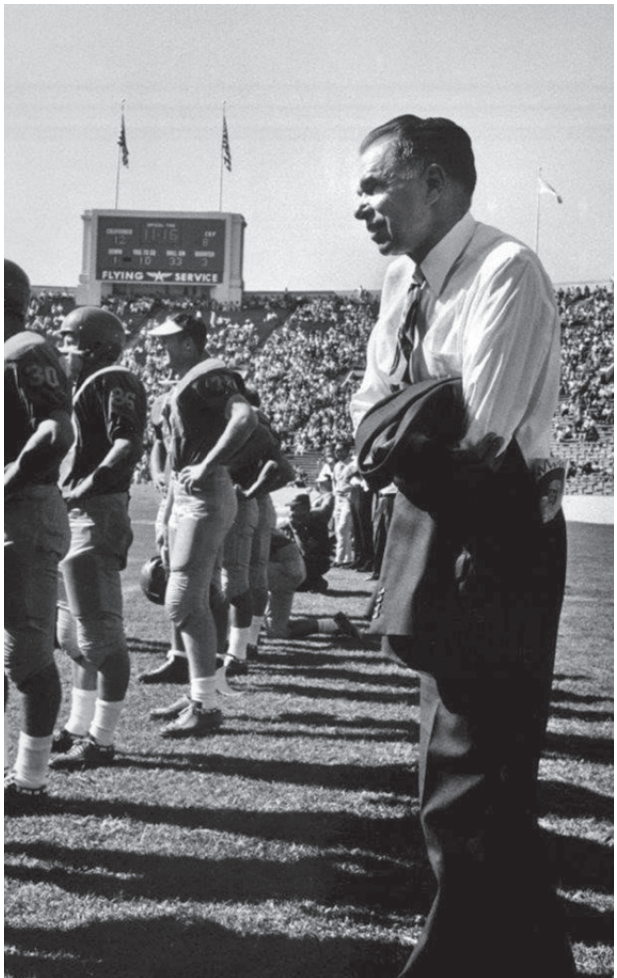
Other national positions Seaborg occupied included as President of the American Association for the Advancement of Science in 1972 and as President of the American Chemical Society (ACS) in 1976.

With a lifelong interest in athletics, Seaborg was an enthusiastic supporter of his university's sports teams, served on the Faculty Athletic Committee for several years and was the co-author of a book [17] concerning the Pacific Coast Conference

Glenn Seaborg presenting *A Nation at Risk* to President Ronald Reagan at the White House in April 1983.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory

recruiting scandal, and the founding of what is now the Pac-12, in which he played a role in aiming to restore confidence in the integrity of collegiate sports [18].

Seaborg was a prolific author [19] and, in addition to more than 500 scientific papers and 40 patents, authored or co-authored about 30 books. These included both science texts and books aimed at a wider audience in which he described his experiences in the public service and political arena. His book *A Scientist Speaks Out: A Personal Perspective on Science, Society and Change* collected nearly forty of his more popular speeches and articles on a wide variety of topics, directed at a mostly non-scientific and non-technical audience [20].



University of California at Berkeley (UCB) verses College of Pacific football game at UCB Memorial Stadium on 20 September 1958, with Glenn Seaborg.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory

4. International and humanitarian action

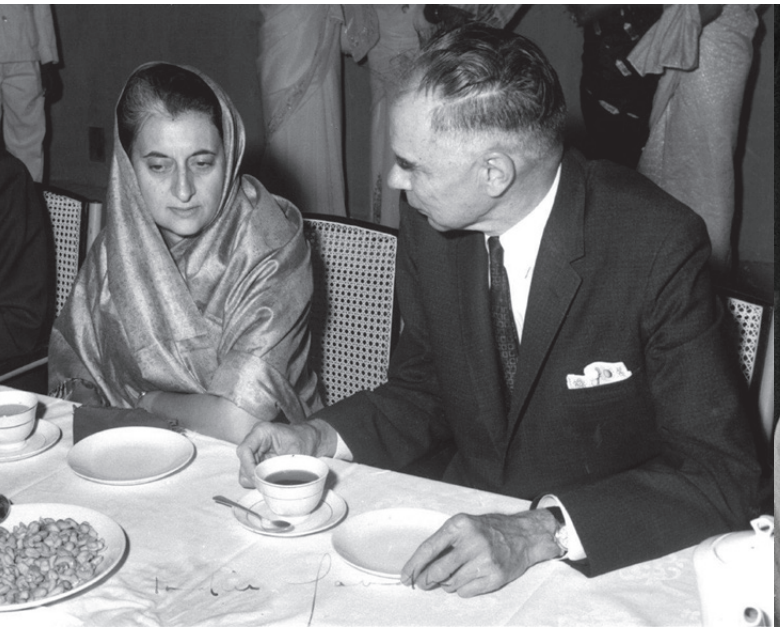
Seaborg was a major advocate for nuclear arms control, international cooperation in science, and conservation of natural resources [21].

Although participating in the Manhattan Project which built the USA's atomic bombs during World War 2, Seaborg was one of the scientists who put their name to the *Franck Report*, a secret document requesting that the bomb should not be used as a weapon [22]. They proposed, instead, that an atomic explosion should be publicly demonstrated in order to convince Japan to surrender, but this proposal was turned down. Subsequently, in his role as chair of the Atomic Energy Commission, Seaborg helped negotiate the *Limited Test Ban Treaty* of 1963, which secured the agreement of the UK, USA and USSR to ban testing of nuclear weapons in the atmosphere, in outer space and under water, as well as contributing to the 1968 *Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*. He was a strong advocate of a *Comprehensive Test Ban Treaty* [23, 24] and such a Treaty was adopted by a large majority of the UN General Assembly in 1996, although it has never come into force as not all the required Member States have yet signed and ratified it.

Seaborg emphasised the potential of nuclear energy to provide large amounts of energy cheaply and sustainably, frequently speaking and writing on the issue [25]. He led delegations to some sixty countries, including the USSR, India and China to promote the peaceful uses of atomic energy.

In 1981, Seaborg was one of 124 distinguished scholars, university presidents and organization executives from around the world who founded the World Cultural Council, whose objectives are to promote culture, values and goodwill throughout the world. One of the activities of the Council is to grant the Albert Einstein World Award of Science, the José Vasconcelos World Award of Education and the Leonardo da Vinci World Award of Arts to outstanding personalities whose work has had a significantly positive impact on the cultural legacy of mankind [26].

Seaborg worked industriously for international cooperation in science, seeing this a means of promoting peace and sustainable, equitable global development – and stressing the central role of chemistry. He summed up his reasoning as follows [27]:



Prime Minister Indira Gandhi and Glenn Seaborg at the dedication of Bhabha Atomic Research Center in Trombay, India in 1967.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory (photo 7)

People's Republic of China Premier Zhou Enlai greets Glenn Seaborg, Peking 1973.
Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory (photo 8)

> *"The world has reached a stage where substantial interdependence among developed and developing countries is essential to the fulfilment of human needs. We need to match-limited global natural resources-for providing energy, materials, food, and water-with the requirements of (growing populations). Too many people have too little food, are poorly clothed, live in inadequate houses, and have abysmal health care. We need to raise their levels of existence many-fold. The more affluent, meantime, face an uncertain future because of the stresses on their economies by the cost of energy. Everyone, meantime, will suffer from deteriorating environments.*
>
> *In these efforts, chemistry, perhaps the most utilitarian of all sciences, and chemists and chemical engineers worldwide must play a vital role. Success will call for much greater international cooperation. Humanitarian instincts may be a significant motivating force, but inevitably so will our own self-interest. The economic and social futures of the advanced and the developing countries are inexorably entwined."*

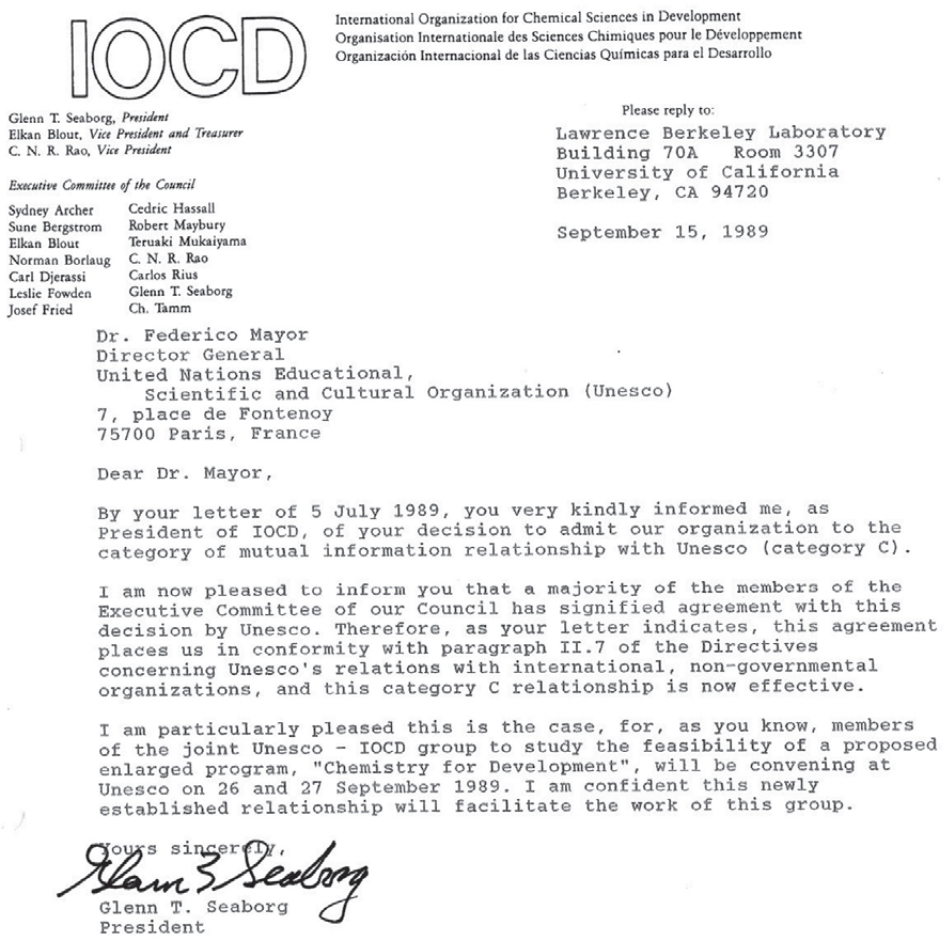
Among his many contributions to fostering international collaboration, while President of the ACS Seaborg proposed that chemists and chemical engineers could work together more effectively on matters with international implications if there were an international society to which they could belong as individuals. This led in 1981 to IUPAC introducing an Affiliate scheme to allow the world's chemists to participate in the Union [28]. Seaborg led a group of American chemists on a tour of government, university, and industrial facilities in China in 1978, at the time of opening up of US-China relations following China's Cultural Revolution.

5. Glenn Seaborg and IOCD

From the mid-1970s, the Belgian chemist Pierre Crabbé had been working towards the realization of his vision to build an international organization that would offer services and support to the chemical community around the world, fostering collaboration [29]. Following a decision by the 20th session of the UNESCO General Conference in 1978 that UNESCO should study methods of strengthening its programme of international cooperation in the chemical sciences, a number of studies and surveys were commissioned. A consultative meeting was held in Tenerife in September 1979 which recommended the establishment of an International Organization for Chemical Sciences in Development. The proposal was adopted by the 21st session of the UNESCO General Conference in 1980. At UNESCO's invitation, a group of scientists from 15 countries, including Seaborg, met at UNESCO in Paris on 2 July 1981 and set the constitution of IOCD.

IOCD was registered in Brussels as an international NGO, with Pierre Crabbé appointed as its Secretary-General (the title was later changed to Executive Director) and Glenn Seaborg elected as its first President [30]. Seaborg chaired the initial Executive Committee of IOCD, which also included two other Nobel Laureates, Sune Bergstrom [31] (Sweden) and Norman Borlaug [32] (USA), as well as other distinguished scientists, Elkan Blout (USA), Pierre Crabbé (Belgium), Sir Ewart Jones (United Kingdom), C. N. R. Rao (India) and Christoph Tamm (Switzerland) [33].

Seaborg remained President of IOCD until 1992, when he was succeeded by another Nobel Laureate, Jean-Marie Lehn [34]. During his period of office, Seaborg was a staunch supporter of IOCD, promoting its cause in talks and articles and seeking resources for its work and alliances with other bodies including UNESCO (Figure 2). In an article [35] in 1985, he wrote that *"we scientists fortunate enough to work in developing countries, with comparatively rich resources in education, facilities and funds, have a special obligation to share these resources and our energies with scientists in less developed countries and work together to seek solutions to the world's most pressing problems. Among these, problems are many areas (for example, improved control of disease and increased food production) whose solutions may well be reached through the field of chemistry"*.



IOCD

International Organization for Chemical Sciences in Development
Organisation Internationale des Sciences Chimiques pour le Développement
Organización Internacional de las Ciencias Químicas para el Desarrollo

Glenn T. Seaborg, *President*
Elkan Blout, *Vice President and Treasurer*
C. N. R. Rao, *Vice President*

Executive Committee of the Council

Sydney Archer, Sune Bergstrom, Elkan Blout, Norman Borlaug, Carl Djerassi, Leslie Fowden, Josef Fried, Cedric Hassall, Robert Maybury, Teruaki Mukaiyama, C. N. R. Rao, Carlos Rius, Glenn T. Seaborg, Ch. Tamm

Please reply to:
Lawrence Berkeley Laboratory
Building 70A Room 3307
University of California
Berkeley, CA 94720

September 15, 1989

Dr. Federico Mayor
Director General
United Nations Educational,
Scientific and Cultural Organization (Unesco)
7, place de Fontenoy
75700 Paris, France

Dear Dr. Mayor,

By your letter of 5 July 1989, you very kindly informed me, as President of IOCD, of your decision to admit our organization to the category of mutual information relationship with Unesco (category C).

I am now pleased to inform you that a majority of the members of the Executive Committee of our Council has signified agreement with this decision by Unesco. Therefore, as your letter indicates, this agreement places us in conformity with paragraph II.7 of the Directives concerning Unesco's relations with international, non-governmental organizations, and this category C relationship is now effective.

I am particularly pleased this is the case, for, as you know, members of the joint Unesco - IOCD group to study the feasibility of a proposed enlarged program, "Chemistry for Development", will be convening at Unesco on 26 and 27 September 1989. I am confident this newly established relationship will facilitate the work of this group.

Yours sincerely,

Glenn T. Seaborg
President

Figure 2. Letter from Glen Seaborg as President of IOCD to Federico Mayor, Director General of UNESCO, to acknowledge the partnership between IOCD and UNESCO. *Credit: Lawrence Berkeley National Laboratory and IOCD*

Many of Seaborg's personal ideals and aims are embodied in IOCD and continue to be reflected in IOCD's mission and activity as it goes forward. IOCD's work, undertaken through Working Groups and projects, initially focused on three areas: (1) research programmes on problems especially relevant to low-and middle-income countries (LMICs), with Working Groups dedicated to tropical diseases and agrochemistry; (2) provision of services, with analytical service centres being established in a number of high-income countries to assist chemists working in LMICs where they lacked local facilities; and (3) improvement of education in the chemical sciences, with the establishment of a Working Group to tackle this issue [36, 37].

By the mid-1980s, IOCD had moved from UNESCO headquarters in Paris and, with support from the Mexican government, established its Secretariat in Mexico City. Successfully attracting support and collaboration from a range of sources including UN agencies, other international agencies, governmental agencies and Foundations, the range of activities was expanded to include Working Groups and projects dealing with medicinal chemistry, fertility regulation, natural product exploration and exploitation, environmental analytical chemistry, the repair and maintenance of laboratory equipment and the need of libraries in LMICs for good quality textbooks, with the latter being supplied by IOCD through a book donation programme.

Following the death of Pierre Crabbé in a tragic road accident in Brussels in 1987, Robert Maybury was appointed Executive Director and the Secretariat moved to Washington DC. Since Maybury was succeeded by Alain Krief in 2010, the IOCD Secretariat has been based in Namur [38].

Over the years, IOCD has evolved and changed substantially, in keeping with the shifting

landscapes of science, international development and global challenges. With the world now focused on the collective responsibility that all Members States accepted in 2015 for achieving the UN Sustainable Development Goals (SDGs) for 2030, IOCD's orientation is now focused on engaging with global challenges. But it retains its emphasis on the involvement of chemists from LMICs and the overall contributions that the chemical sciences can – and must – make in accomplishing to sustainable development. IOCD currently focuses [39] on two strategic priorities, which continue to resonate strongly with the original founders' mission: (a) chemistry for better health and a better environment; and (b) strengthening education in the chemical sciences. These are pursued through Working Groups in Materials for Energy Conversion, Saving and Storage (MATECSS), and Education in the Chemical Sciences, as well as through a cross-cutting Action Group, Chemists for Sustainability (C4S).

C4S comprises an international group of chemists, with core members originating from Europe, India and Tunisia, who believe that chemistry and related sciences have indispensable roles to play in helping the world to achieve sustainable development. It serves advocacy and think-tank roles through written articles, lectures at various fora and web materials. Among the areas it has focused on have been the role of the chemical sciences in health [40] and in reaching the SDGs [41]; the need for chemistry to reposition itself as a science for the benefit of society through the adoption of 'one-world' chemistry principles and practice [42]; and the need to incorporate systems thinking into chemistry education, research and practice [43].

It was an especial pleasure for IOCD that the Chair of the MATECSS group, Federico Rosei, was awarded a UNESCO Chair at the Institut National de la Recherche Scientifique, Montreal; and that he was the recipient in 2014 of the World Cultural Council's José Vasconcelos World Award of Education, which Seaborg had helped to establish over 30 years earlier [44].

Following on in the pathways advocated by Seaborg, IOCD thus remains part of the lasting legacy to chemistry and to humanity that has been bequeathed by this giant of 20th century science.

Acknowledgements

The authors thank the International Organization for Chemical Sciences in Development for support, Alan Poon and Glenn Roberts Jr. of the Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) for historical material and the LBNL for permission to reproduce photographs. This article is dedicated to IOCD's current President, Jean-Marie Lehn, in appreciation for his service since taking over the role from Glenn Seaborg in 1992.

References

[1] Glenn Seaborg Biography 1912-1999. University of California, Los Angeles 8 November 2018. http://www.seaborg.ucla.edu/biography.html

[2] G. T. Seaborg, B. S. Loeb. Stemming the tide: Arms control in the Johnson Years. Lexington Books, Lexington MA1987.

[3] The Nobel Prize in Chemistry 1951. NobelPrize.org. Nobel Media AB, Stockholm 2018. https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1951/summary/

[4] G. T. Seaborg. The Transuranium Elements: Present Status. Nobel Lecture, 12 December 1951. The Nobel Foundation 1951. https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1951/seaborg/lecture/

[5] A. Ghiorso. Chem & Eng News 2003, 81(36), 174-175. https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cen-v081n036.p174

[6] J. Matson. Fact or Fiction? Lead Can Be Turned into Gold. Scientific American 31 January 2014. https://www.scientificamerican.com/article/fact-or-fiction-lead-can-be-turned-into-gold/

[7] Modern Alchemy: The Selected Papers of Glenn T. Seaborg. (G. T. Seaborg, ed.) World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore 1994. https://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789812795953_fmatter

[8] Henry Moseley: British physicist. Encylopaedia Britannica 2018. https://www.britannica.com/biography/Henry-Moseley

[9] E. S. Reich. Nature published online 4 October 2011, doi:10.1038/news.2011.571. https://www.nature.com/news/2011/111004/full/news.2011.571.html

[10] *Glenn T.Seaborg*. New World Encyclopedia 23 June 2017. http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Glenn_T._Seaborg

[11] G. T. Seaborg. *Meet Glenn Seaborg.* Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 2018. http://www2.lbl.gov/Publications/Seaborg/bio.htm

[12] G. T. Seaborg. *National Service, Presidential Memories.* Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 2018. http://www2.lbl.gov/Publications/Seaborg/NatService.htm

[13] *Glenn Seaborg: Biography*. American Academy of achievement 23 February 2008.
https://web.archive.org/web/20130513005805/http://www.achievement.org/autodoc/page/sea0bio-1

[14] *A Nation At Risk: The Imperative For Educational Reform.* US National Commission on Excellence in Education, April 1983. US Government, Washington DC, 1983.
https://www2.ed.gov/pubs/NatAtRisk/index.html

[15] M. Spellings. 25 Years After *A Nation at Risk.* US Department of Education, Washington DC, 2008.
https://www2.ed.gov/rschstat/research/pubs/risk25.html

[16] E. Graham. *'A Nation at Risk' Turns 30: Where Did It Take Us?* neaToday, National Education Association 25 April, 2013. http://neatoday.org/2013/04/25/a-nation-at-risk-turns30-where-did-it-take-us-2/

[17] G. T. *Seaborg, R. Colvig. Roses from the Ashes: Breakup and Rebirth in Pacific Coast Intercollegiate Athletics*. University of California Institute, Berkeley, CA 2000, ISBN 0-87772 394-X.

[18] L. Yarris. Seaborg: A sporting life. Science Beat. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 5 March 1999
http://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/seaborg-sports-life.html

[19] *Publications by Glen T. Seaborg*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 2018.
http://www2.lbl.gov/Publications/Seaborg/pubs.htm

[20] G. T. *Seaborg. A Scientist Speaks Out: A Personal Perspective on Science, Society and Change*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore 1996, https://doi.org/10.1142/2695.

[21] L. Yarris. *Glenn Seaborg Dies After a Life Integral to History of 20th Century*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 26 February 1999.
http://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/glenn-seaborg-obit.html

[22] J. Franck, D. J. Hughes, J. J. Nickson, E. Rabinowitch, G. T. Seaborg, J. C. Stearns, L. Szilard. *Report of the Committee on Political and Social Problems Manhattan Project "Metallurgical Laboratory"*. University of Chicago (The Franck Report), 11 June 1945. Gene
Danne 19 July 2015.
http://www.dannen.com/decision/franck.html

[23] G. T. Seaborg, B. S. Loeb. *Kennedy, Khrushchev and the Test Ban*. University of California Press, Berkeley 1983, ISBN: 9780520049611.

[24] J. S. Nye. *The Chance we missed*. The New York Times 18 February 1982.
https://www.nytimes.com/1982/02/28/books/the-chance-we-missed.html

[25] G. T. *Seaborg. Peaceful Uses of Nuclear Energy: A Collection of Speeches. US Atomic Energy Commission July 1970, OSTI 4042849.* https://www.osti.gov/biblio/4042849

[26] *About us*. World Cultural Council, Mexico DF 2018.
http://www.consejoculturalmundial.org/about-us/

[27] J. Malin. *A historical perspective on selected international activities of the American Chemical Society*. In: *Welcome to the Committee on International Activities*, American Chemical Society 2015, 31.
https://www.acs.org/content/dam/acsorg/global/international/iac_manual_2015.pdf.

[28] J. Malin. *A historical perspective on selected international activities of the American Chemical Society*. In: *Welcome to the Committee on International Activities*, American Chemical Society 2015, 12-24.
https://www.acs.org/content/dam/acsorg/global/international/iac_manual_2015.pdf.

[29] S. A. Matlin. Pierre Crabbé Memorial Oration. First Asian and Oceanic Congress of Andrology, 9 - 12 November 1992, Nanjing, China. International Organization for Chemical Sciences in Development, Namur, 2011. www.iocd.org.

[30] Chemistry for Development. International Organization for Chemical Sciences in Development: Its aims and programmes. International Organization for Chemical Sciences in Development, Paris, 1984.

[31] S. Bergström. The Prostaglandins: From the Laboratory to the Clinic. Nobel Lecture 8 December 1982. The Nobel Foundation 1982.
https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1982/bergstrom/lecture/

[32] N. Borlaug. The Green Revolution, Peace, and Humanity. Nobel Lecture 11 December 1970. he Nobel Foundation 1970.
https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/borlaug/lecture/

[33] Highlights of a New International Organization. International Organization for Chemical Sciences in Development: Its ongoing activities. International Organization for Chemical Sciences in Development, Paris, 1984.

[34] J.-M. Lehn. Supramolecular Chemistry – Scope and Perspectives: Molecules – Supermolecules – Molecular Devices. Nobel Lecture 8 December 1987. The Nobel Foundation 1987.
https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1987/lehn/lecture/

[35] G.T. Seaborg, *Chemistry in the Third World*. The Chemist (Am Inst of Chemists) 1985, 62, 21. Reprinted in G.T. Seaborg, *A Scientist Speaks Out: A Personal Perspective on Science, Society and Change*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore: 1996, 387-388.
https://books.google.co.uk/books?id=o5_-tEGJEX4C&pg=PA387&lpg=PA387&dq=Seaborg+international+organization+for+chemical+sciences+in+development&source=bl&ots=GI_Od4mIEF&sig=7DTRfXcbgcR_s2QbQYY79dzZlnQ&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiDvsbz-vHdAhWDV8AKHbHQA2I4ChDoATAAegQICRAB#v=onepage&q=Seaborg%20international%20organization%20for%20chemical%20sciences%20in%20development&f=false

[36] G.T. Seaborg, *An international effort in chemical science*. Science 1984, 223, 9.
http://science.sciencemag.org/content/223/4631/9

[37] D. A. O'Sullivan, *Group to use chemistry to solve developing countries' ills*. Chem. And Eng. News 1983, 61, 21-24.
https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cen-v061n001.p021

[38] New Leadership at IOCD. Chemistry International 2010, 32(1).
https://www.iupac.org/publications/ci/2010/3201/iw3_iocd.htm

[39] International Organization for Chemical Sciences in Development. http://www.iocd.org

[40] S. A. Matlin, G. Mehta, A. Krief, H. Hopf. *The chemical sciences and health: strengthening synergies at a vital interface.* ACS Omega 2017, 2, 6819-6821, DOI-10.1021/acsomega.7b01463. http://doi.org/10.1021/acsomega.7b01463

[41] S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief. *The role of chemistry in inventing a sustainable future.* Nature Chemistry 2015, 7(12), 941-943. http://dx.doi.org/10.1038/nchem.2389.

[42] S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief. *"One-world' chemistry and systems thinking.* Nature Chemistry 2016, 8, 393-6. http://dx.doi.org/10.1038/nchem.2498

[43] P. G. Mahaffy, A. Krief, H. Hopf, G. Mehta, S. A. Matlin. *Reorienting chemistry education through systems thinking.* Nature Reviews Chemistry 2018, 2, 1-3. doi:10.1038/s41570.018.0126. http://rdcu.be/J9ep

[44] Prof. Federico Rosei: Jose Vasconcelos World Award of Education, 2014. World Cultural Council, Helsinki 17 November 2014.
http://www.consejoculturalmundial.org/winners/winners-of-the-world-award-of-education/winner-of-the-world-award-of-education-2014/

Jérémy DEHON et Philippe SNAUWAERT (1)
Université de Namur
Unité recherche en didactique de la chimie
(rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur, Belgique)
jeremy.dehon@unamur.be, philippe.snauwaert@unamur.be

D'où vient le « chemish » ? Étude de la langue symbolique chimique comme un miroir des avancées théoriques et expérimentales des chimistes dans l'histoire

Cet article est issu en grande partie d'un chapitre de la thèse de J. Dehon (2018).

« Créer une science n'est donc autre chose que faire une langue. »
(Condillac, 1798, p.288)

1. Introduction

La phrase de Condillac est bien connue : elle fait l'objet de nombreuses citations dans des ouvrages traitant de l'histoire des sciences, et plus particulièrement de l'évolution des langues en sciences (Dagognet, 1969 ; Lazlo, 1993). Cependant, rares sont ceux qui citent la suite du propos du philosophe français : « […] et étudier une science n'est autre chose qu'apprendre une langue bien faite » (Condillac, 1798, p. 228). Nous nous permettons même d'inverser la proposition de Condillac en arguant que l'étude de la langue permet d'apprendre la science.

Ce détour par l'apprentissage des sciences, et donc des langues qui leur sont dédiées, est un must pour qui s'intéresse à l'évolution des codes employés par les chimistes pour se faire comprendre par leurs pairs, et par extension par la société civile. Celle-ci s'en empare, utilisant une formule chimique pour nommer une société (« O_2 » est une société de services à domicile française, « H_2O » est une entreprise de consultance, etc.), usant d'un terme de nomenclature comme titre de roman (« acide sulfurique » d'Amélie Nothomb), comme titre de série (« Altered carbon ») ou comme nom d'entreprise (« Hélium » est le nom d'une maison d'éditions), etc. Le langage utilisé par les chimistes est ainsi exprimé tant dans la communauté des initiés que dans une communauté plus large, avec – bien entendu – des buts différents.

Mais une personne se référant au « langage de la chimie » implique-t-elle tacitement la nomen-

clature des substances, les formules et équations chimiques, les relations mathématiques, les noms et schémas d'appareillages et/ou les représentations moléculaires de type Cram ou Fischer ? Il semble en effet plus correct de parler *des* langages de la chimie que *du* langage de la chimie. Le « chimique » (« *chemish* », Markic & Childs, 2016) cache ainsi un conglomérat de systèmes sémiotiques[1] en interaction.

Une taxonomie des systèmes sémiotiques (figure 1) a été développée dans le but de clarifier d'une part les langues et codes employés par les chimistes, et d'autre part préciser les liens entre ces systèmes, du point de vue de l'apprentissage par des élèves débutants (Dehon, 2018).

Selon cette taxonomie, le « chimique » est composé de langues naturelles (langue ordinaire et langue de spécialité chimique, incluant notamment les termes de la nomenclature des substances), de langues artificielles[2] (symbolique chimique, symbolique mathématique), ainsi que de multiples registres de représentations iconiques[3] et graphiques. Dans cet article, nous allons nous focaliser sur la langue symbolique chimique, en tant que langue artificielle crée par les chimistes dans le but de représenter et communiquer les concepts nés de leurs découvertes. Nous allons tenter de montrer comment la symbolique chimique s'est construite en fonction des intentions des différents contributeurs qui ont jalonné son histoire. Nous allons aussi interroger les significations cachées, les irrégularités gommées par le temps, mais qui sont pourtant nécessaires pour comprendre pleinement les informations convoyées par ces simples lettres, ces simples chiffres, qui composent la symbolique chimique.

Nous posons dès lors la question suivante : en quoi l'élaboration de la symbolique chimique est-elle reliée aux concepts forgés par les chimistes au cours de l'histoire de la discipline ? Plus particulièrement, nous décrirons les informations conservées et, surtout, les informations perdues en cours de route, non-conservées par l'usage qu'en ont fait les chimistes.
Pour répondre à cette question, il faut plonger dans les archives de la discipline. Il s'agit de se promener à nouveau, avec un regard renouvelé,

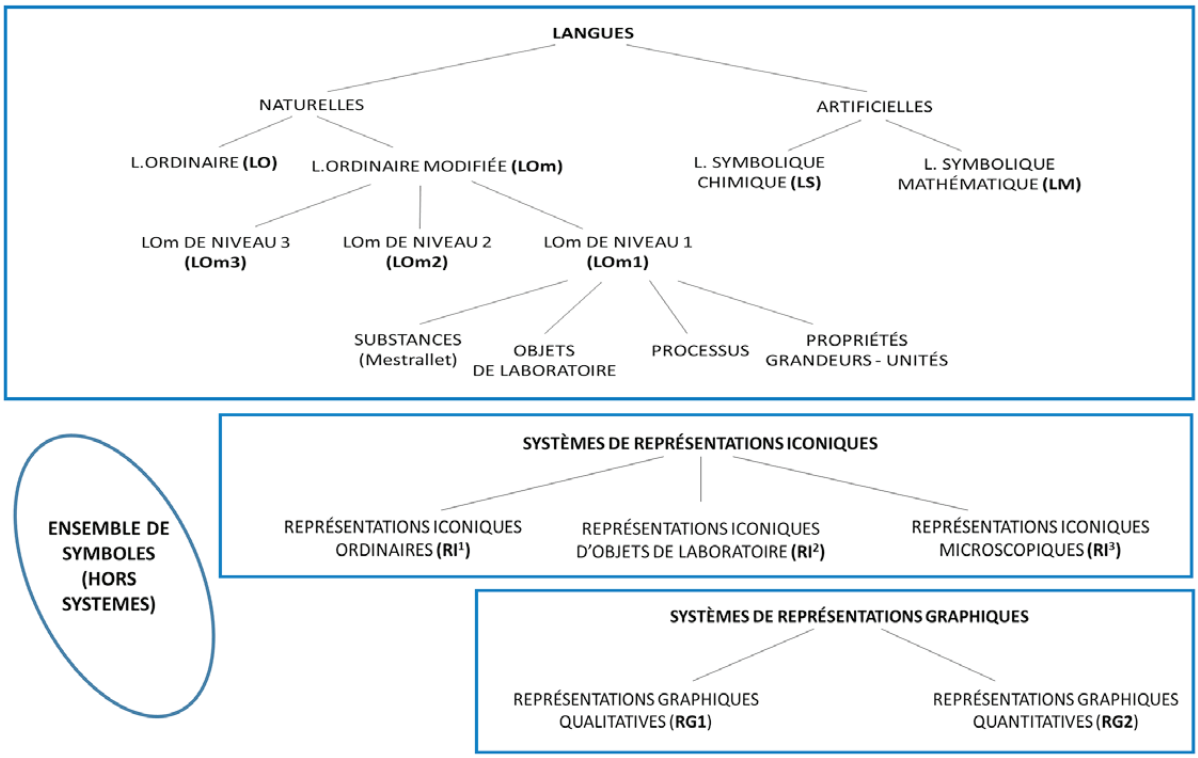


Figure 1. Taxonomie des systèmes sémiotiques de l'écrit et de l'oral à l'œuvre dans l'enseignement-apprentissage de la chimie

dans « cette sorte de musée qui sans cesse renvoie le chimiste d'aujourd'hui, de façon subliminale, à un climat symbolique toujours actif. » (Edeline, 2009, p. 45)

2. Points de vue épistémologiques

L'histoire de la langue symbolique chimique, et plus généralement des systèmes sémiotiques construits par les chimistes, peut être envisagée selon plusieurs points de vue, mais toujours en suivant des lignes de faille, des ruptures.

Edeline (2009) s'est ainsi intéressé au **type de signes** convoqué dans les systèmes sémiotiques dominants selon les époques, mettant en évidence un aller-retour entre icône et symbole. L'icône alchimique cède le pas au symbole de Berzelius, qui lui-même se fait dépasser par les représentations iconico-symboliques telles que les représentations de Cram ou les projections de Newman.

Pour développer leur analyse épistémologique de la langue symbolique des chimistes, d'autres auteurs, comme Liu et Taber (2016), se basent sur les **besoins rencontrés par les scientifiques** dans leurs pratiques. En utilisant le cadre théorique de la sémiotique sociale, ils interprètent les signes comme des ressources sémiotiques que les chimistes utilisent pour agir sur la réalité. En ce sens, l'émergence de la nomenclature de Lavoisier est une réponse à des besoins sociétaux tels que l'enseignement des sciences au plus grand nombre.

En plus de ces ruptures sociétales et techniques, Dagognet (1969) propose **un point de vue plus langagier** sur l'épistémologie des langages en chimie. Ainsi la nomenclature de Lavoisier est-elle qualifiée de « physico-grammaticale » ou encore de « voco-structurale », laissant entendre que la grammaire de la langue des chimistes doit être un miroir de la grammaire de la nature. Cet ensemble sera vite dépassé par l'apparition de la chimie « scripturale et géométrique » qui, nous le verrons, ne sera pas en mesure d'enterrer son ancêtre voco-structural.

Enfin, il est également possible, comme Laugier et Dumon (2004) d'envisager une lecture de l'histoire des systèmes sémiotiques en chimie, en faisant référence à l'**échelle convoquée**. Avec sa nomenclature et sa première équation de réaction, Lavoisier connecte un niveau macroscopique (noms des substances, conservation de la masse) à une première écriture de nature symbolique. Il faudra attendre Dalton et Berzelius pour que le niveau symbolique soit également relié à un niveau plus microscopique ou « atomico-moléculaire ».

Ces différents points de vue vont nous permettre de retracer, de manière chronologique, l'histoire de l'origine des symboles utilisés par les chimistes, ainsi que de l'évolution des modifications apportées par les différents contributeurs. Nous adoptons ici une trame chronologique classique, qui épouse finalement assez bien les sinuosités de ce long fleuve (très peu) tranquille qu'est l'histoire de la symbolique chimique.

3. De l'icône alchimique aux flèches de réaction

3.1. L'icône alchimique

Dans son article sur les fonctions des symboles chimiques, Edeline (2009) souligne l'importance de l'héritage que nous ont laissé les alchimistes, notamment européens. Il pourfend l'idée d'une alchimie vue comme une « illusion désolante », une « énorme supercherie » (Edeline, 2009, p. 46). Au contraire, l'alchimie se base sur des principes qui ne s'avèrent guère éloignés des principes scientifiques contemporains, comme les principes d'unité, de simplicité ou de correspondance, sur lesquels nous reviendrons. La différence notable avec la science contemporaine réside dans la primauté de l'image, la confiance en un signe représentant l'équivalent magique du signifié. Nul besoin de mots complexes quand l'image parle d'elle-même, quand le signe (ici, iconique) contient les informations nécessaires et suffisantes à sa pleine compréhension[4].

3.1.1. Symboles, icônes et hybrides

Les alchimistes disposent de trois groupes de signes : pour les appareils (à dominante iconique), pour les opérations (symbolico-iconiques) et pour les substances (essentiellement symboliques). Le signe représentant l'appareil a pour vocation de lui ressembler, d'en saisir les caractéristiques les plus importantes (figure 2).

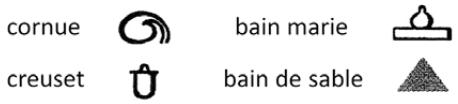


Figure 2. Quelques icônes alchimiques représentant des appareils (Edeline, 2009)

L'opération, intrinsèquement dynamique, doit pourtant être représentée par un signe fixe, souvent à mi-chemin entre l'icône et le symbole (figure 3). Par exemple, la calcination est représentée par un cercle au centre d'un triangle : le cercle figure le résidu de la calcination (partie iconique) quand le triangle est le signe alchimique du feu (partie symbolique).

Figure 3. Quelques signes alchimiques représentant des opérations (Edeline, 2009)

Enfin, les signes représentant les substances sont très majoritairement de nature symbolique, de par la difficulté de rendre compte de l'état liquide, de l'état gazeux, du solide poudreux, etc. Les alchimistes ont donc préféré forger des conventions arbitraires entre les substances et leurs symboles (figure 4).

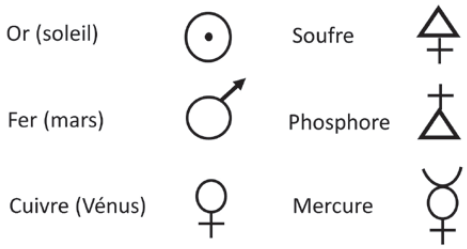


Figure 4. Quelques symboles alchimiques représentant des substances (Edeline, 2009)

Ces signes graphiques sont toujours préférés aux lettres de l'alphabet, jugées trop peu signifiantes. Ils doivent en effet jouer plusieurs rôles qui nécessitent des formes graphiques particulières :

- Le symbole sert de moyen mnémotechnique ou d'abréviation. Par exemple, la correspondance entre le cuivre et son symbole passe par l'intermédiaire de la déesse Vénus. Le miroir est ici le symbole à la fois de la féminité, de la déesse Vénus, de la planète Vénus et de la substance « cuivre ». Les alchimistes ont ainsi parfois recours à une part iconique dans leurs représentations des substances (miroir, lune, fleur, soleil, etc.) pour favoriser la mémorisation de celles-ci.

- Le symbole doit rendre compte des relations que la substance entretient avec d'autres substances ou avec les quatre éléments, plutôt que des propriétés de la substance elle-même. Le phosphore et le soufre sont ainsi tous deux liés au feu (triangle orienté vers le haut)[5], ce qui leur confère une parenté (figure 4).

- Le symbole doit rappeler visuellement la théorie anthropocosmique qui supporte l'activité des alchimistes. La correspondance entre les planètes et les métaux est une caractéristique essentielle de la nomenclature alchimique, tendant à projeter l'arrangement cosmique sur la composition de la matière, tout en prêtant des qualités humaines tant aux substances qu'aux planètes. Le mercure est, par exemple, jugé féminin et passif, alors que le soufre est décrit comme masculin et actif.

De telles contraintes sémantiques ne pouvaient faire l'objet de consensus stricts à l'époque des alchimistes. Il en résulte une absence d'univocité dans les représentations des unités de la matière : plusieurs symboles sont utilisés pour décrire une même substance (figure 5).

Figure 5. Quelques symboles alchimiques représentant la substance zinc.

Ce fait entrave la communication entre communautés alchimiques distinctes mais il permet par contre de garantir une certaine discrétion sur le contenu d'un traité alchimique, qui ne devient lisible que pour les membres initiés au code avec lequel il a été écrit.

3.1.2. Principes alchimiques dans la chimie moderne

Il est également possible de retrouver certains principes fondateurs de la chimie moderne dans l'écriture symbolique des alchimistes. Premièrement, ceux-ci font de la constance dans le changement la pierre angulaire de leur travail. La chimie d'aujourd'hui s'est construite sur cette ambivalence. En effet, la conservation de l'énergie et de la masse, conjuguée à la transformation des substances en d'autres substances, sont les concepts reliés aux deux facettes principales de la chimie moderne : décrire la structure de la matière et décoder la réactivité des substances.

Deuxièmement, la recherche systématique de symétries et d'antagonismes constitue un élément de structuration des démarches alchimiques. Tout est question d'équilibre, d'attraction et de répulsion, de chaud et de froid, de sec et d'humide, de féminin et de masculin. Ces antagonismes se retrouvent dans des catégories de la chimie moderne comme acide/base, oxydant/réducteur, électrophile/nucléophile, métaux/non-métaux, etc.

Troisièmement, les alchimistes ont une inclination pour la représentation en triangle (et les combinaisons de celui-ci). En effet, les symboles des quatre éléments[6] sont constitués de triangles ou de leurs combinaisons (figure 6).

Figure 6. Représentations symboliques des quatre éléments.

Le triangle est également utilisé pour représenter la triade des principes : mercure, soufre et sel[7]. Il traduit la présence d'un médiateur entre deux forces ou objets antagonistes : le sel est ainsi médiateur entre le soufre et le mercure. De la même manière, la chimie moderne tend à reproduire des triades présentant un médiateur (par exemple, le triangle du feu).

Quatrièmement, la réaction chimique entre deux substances ne peut être représentée valablement, chez les alchimistes, que par des figures permettant une inclusion, une superposition ou encore une liaison entre les deux symboles des substances de départ : il s'agit des premières représentations imagées des réactions chimiques (figure 7).

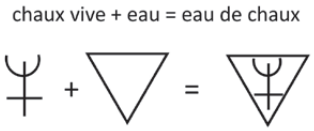


Figure 7. Représentation symbolique de la formation de l'eau de chaux avec les symboles alchimiques (d'après Edeline, 2009)

Ce symbole de l'eau de chaux véhicule à la fois l'idée de la conservation (des éléments) et celle de la transformation (des substances). Il n'a pas pour vocation d'expliquer le processus réactionnel ; il permet simplement de connaître les substances de départ nécessaires à l'obtention du produit.
Nous ne pouvons terminer ce panorama des apports de l'alchimie dans la symbolique chimique actuel sans citer Jean Béguin, considéré comme l'inventeur de la première « équation » chimique jamais écrite (figure 8).

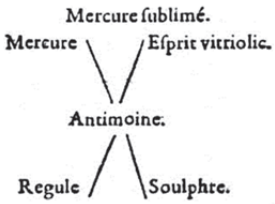


Figure 8. Diagramme de la réaction du sulfure d'antimoine avec le chlorure mercureux (Béguin, 1615, p. 245)

Dans son *Tyrocinium Chymicum* paru en 1610 (édité en français en 1615 sous le titre de « *Les Elemens de chymie* »), Béguin relate le résultat de la calcination et de la distillation d'antimoine[8] en présence de mercure sublimé[9]. Il écrit (Béguin, 1615, p. 167-168) :

> C'est pourquoi retournant à mon propos, je dis que l'esprit vitriolique[10] a une extrême sympathie avec les métaux, et d'autant plus ou moins avec les autres minéraux, qu'ils approchent ou qu'ils sont éloignés de la nature métallique. Et parce que le régule d'antimoine approche plus de la nature métallique que le mercure, voilà pourquoi distillant le mercure sublimé avec l'antimoine, l'esprit vitriolique du sublimé quitte le mercure et se joint et s'attache à l'antimoine. Et se faisant, pressé et chassé par la chaleur […], l'esprit de vitriol se dissout dans l'eau et le régule tombe en poudre blanche au fond du récipient. […] ne reste plus dans la cornue que le mercure du sublimé et le soufre de l'antimoine. […] J'en conclus donc par ces expériences infaillibles que la poudre émétique n'est autre chose que le régule d'antimoine calciné, par l'esprit vitriolique qui est dans le sublimé.

Pourtant, le schéma de Béguin relève davantage d'un diagramme de réaction que d'une équation chimique, en ce qu'il ne rend pas compte de la conservation de la masse. Il s'agit plutôt d'un ingénieux prélude à l'équation chimique moderne, relevant notamment des « affinités » entre certaines substances (ici, entre l'esprit vitriolique et les métaux). Le schéma montre également la composition des réactifs de départ grâce aux produits d'arrivée : le mercure sublimé est composé de mercure et d'esprit vitriolique, alors que l'antimoine se constitue de régule d'antimoine et de soufre. Par ses apports oscillant entre une démarche scientifique méthodique et un vocable alchimique parfois opaque, Béguin se situe au croisement entre l'alchimie et la chimie du XVIIIème siècle.

Bref, l'héritage alchimique est lourd de significations et de symboles en tous genres, basés sur l'observation d'une part, et une libre interprétation d'autre part. La représentation des réactions chimiques (et donc des substances) va considérablement changer au début du XVIIIème siècle avec l'apport de la théorisation de l'affinité chimique.

3.2. L'affinité chimique

Boerhaave a énoncé en 1733 le concept d'affinité comme « la force en vertu de laquelle les particules des corps se recherchent, s'unissent et

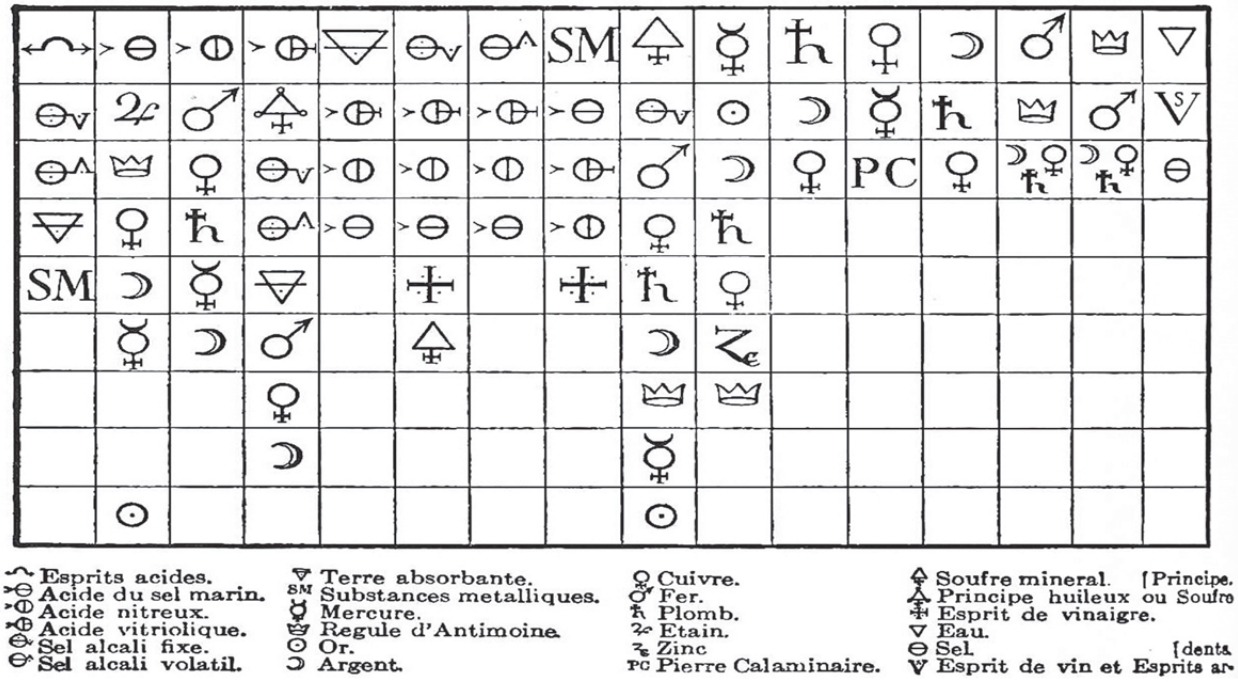


Figure 9. Table des différents rapports entre substances (Geoffroy, 1718)

se retiennent » (Brunold, 1930). En 1718 déjà, Geoffroy publia la *Table des différents rapports*, qui représente un ordre de réaction entre substances, sur base d'un rapport d'affinité (figure 9).

En plus de son remarquable caractère synthétique, la *Table* de Geoffroy a été conçue dans le but de faciliter son interprétation. Prenons la première colonne qui indique les rapports d'affinité entre les « esprits acides » (en tête de colonne) et d'autres substances (reste de la colonne). On voit que le « sel alcali fixe » (par exemple, NaOH en chimie moderne) a plus d'affinité avec l'acide que le sel alcali volatil (par exemple, NH_3 en chimie moderne). En effet, si un sel alcali fixe est ajouté à un corps résultant de l'union d'un acide avec un sel alcali volatil, une réaction de déplacement se produit et aboutit à la reformation du sel alcali volatil de départ. La capacité d'une substance Z à « chasser » une substance Y d'un corps composé XY rend compte d'une affinité plus forte entre la substance Z et la substance X que celle qui existe entre la substance Y et la substance X. Cette idée a donné lieu à de nombreux développements au cours du XVIIIème siècle, les chimistes essayant de construire des tables hiérarchisant les degrés d'affinité des substances[11].

En 1756, William Cullen utilise des accolades et introduit une première flèche de réaction dans un schéma rendant compte d'une réaction de déplacement (figure 10). Il faut comprendre par cette figure que la substance B, initialement liée à A (par l'accolade, qui serait une des premières représentations d'une liaison chimique), se voit déplacée vers C, de par un rapport d'affinité plus important pour la substance C que pour la substance A (Crosland, 1959).

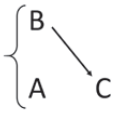


Figure 10. Représentation générale d'une réaction de déplacement selon Cullen.

La figure 11 présente trois exemples d'écriture de Cullen avec les équations de réaction modernes placées en regard. L'ordre d'affinité avec le nitrate apparaît clairement : le zinc déplace le fer, le fer déplace le cuivre, le cuivre déplace l'argent.

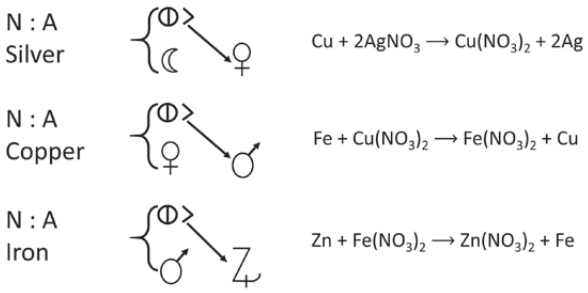


Figure 11. Schémas réactionnels de Cullen et équations chimiques modernes associées (Thims, 2007). Le symbole « N : A » rend compte de l'acide nitrique (et donc, de nos jours, du groupement « nitrate »).

Entre 1775 et 1785, Bergman publia ses célèbres tables d'attractions électives, en ordonnant plusieurs milliers de réactions chimiques et en utilisant les symboles alchimiques. L'affinité entre substances est alors considérée comme constante, même si de nombreuses anomalies viennent infirmer le classement idéal de Bergman (Bensaude-Vincent et Stengers, 1995). Ainsi, celui-ci constate que certaines réactions vont parfois dans un sens, parfois dans l'autre, en fonction de la quantité de réactifs de départ. Ce constat jette une ombre sur sa tentative de mise en ordre des réactions chimiques. Pour symboliser celles-ci, Bergman reprend des symboles inspirés de l'alchimie, et empruntés avant lui par Geoffroy. L'utilisation d'accolades multiples, semblables à celles de Cullen, permet une représentation de la réaction chimique sous la forme d'un plan (figure 12).

Cette figure représente la réaction entre le sulfate de potassium (indiqué par les symboles jouxtant l'accolade de gauche) et le chlorure de baryum (indiqué le long de l'accolade de droite). Les produits de réaction sont le sulfate de baryum (indiqué le long de l'accolade du bas) et le chlorure de potassium (indiqué le long de l'accolade du haut). Les signes « + » au centre du schéma réactionnel soulignent l'affinité supérieure d'une substance pour une autre (par exemple, l'acide sulfurique pour le baryum). L'eau, symbolisée par un triangle, constitue le milieu de réaction. La symbolique de Bergman a ceci de particulier qu'elle se base sur la représentation

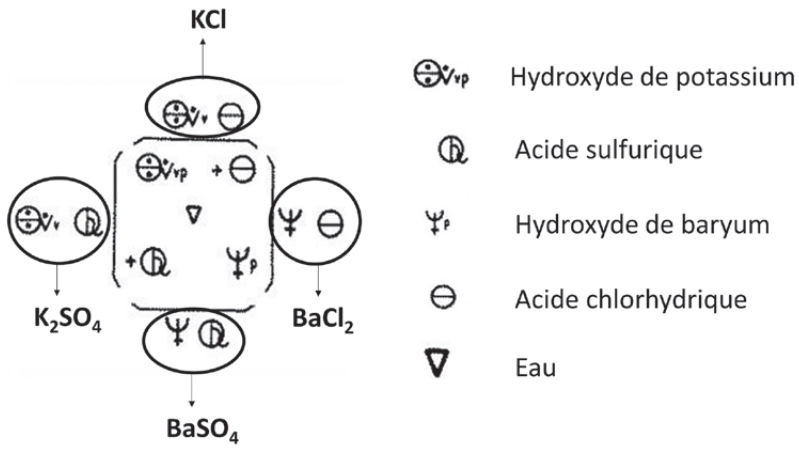


Figure 12. Exemple de schéma réactionnel de Bergman (1785). Nous avons ajouté la légende jouxtant le schéma et les formules moléculaires pour une meilleure compréhension de la figure.

d'un composé via deux réactifs qui permettent sa formation. Ainsi, le sulfate de potassium est représenté par la juxtaposition des symboles de l'hydroxyde de potassium et ceux de l'acide sulfurique. Ce type de schéma réactionnel a rencontré un grand succès, puisque l'on en trouve des exemples dans des articles scientifiques jusqu'avant 1900.

La fin du XVIIIème siècle voit la remise en question de la théorie de l'affinité chimique, ainsi que la naissance des premiers systèmes symboliques ordonnés. Cependant, on trouve encore des diagrammes représentant des réactions chimiques jusqu'à la fin du XIXème siècle, avec le remplacement graduel des symboles alchimiques par des noms (figure 13), et enfin le remplacement des noms par les symboles chimiques modernes (Jensen, 2005).

3.3. Lavoisier et la révolution langagière

3.3.1. Nécessité et limites de la nouvelle nomenclature

Le langage alchimique ne permet pas une communication efficiente entre savants. Selon Liu et Taber (2016), le manque de nomenclature rationnelle constitue, au XVIIIème siècle, un frein dans l'avancement de la chimie naissante. Les noms des substances sont peu informatifs, s'inspirant d'un lieu (« spanish green » pour l'acétate de cuivre), du processus d'obtention (« esprit de sel » pour l'acide chlorhydrique) ou encore de l'une ou l'autre propriété caractéristique (« aqua fortis » pour l'acide nitrique concentré) (Fabbrizzi, 2008). En France, Lavoisier voit dans ce langage opaque un obstacle majeur à l'enseignement raisonné des sciences, néces-

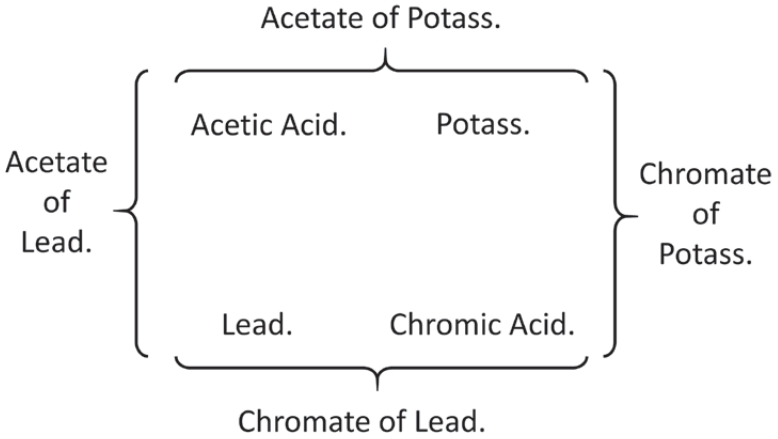


Figure 13. Diagramme représentant la réaction chimique entre l'acétate de plomb et le chromate de potassium (d'après Bidlake, 1858). Les symboles alchimiques sont ici remplacés par des noms issus de la nouvelle nomenclature de Lavoisier.

saire pour résorber le retard industriel français au crépuscule du XVIIIème siècle. Il faut donc rompre avec les pratiques du passé, tout en fédérant un maximum de scientifiques autour du projet[12]. L'explosion du nombre de substances isolées et des méthodes d'analyse allait fournir la clé d'une refondation de la langue des chimistes : la matière semble être constituée de combinaisons d'unités simples formant des parties plus complexes. L'existence de ces « éléments » ou « principes » indécomposables fonde la nouvelle nomenclature de Lavoisier, basée sur le parallélisme physico-grammatical : les préfixes, radicaux et désinences rendent compte de la composition élémentaire des substances. Pour construire ce code original, Lavoisier va emprunter aux racines grecques[13] afin d'éviter toute confusion avec la langue ordinaire, tout en conservant une consonance française.

Cependant, le nouveau langage se verra très vite dépassé par la nécessité d'une écriture symbolique. En effet, la langue ordinaire modifiée forgée par Lavoisier rencontre trois problèmes majeurs (Dagognet, 1969 ; Liu et Taber, 2016).

- Les nouveaux noms n'ont pas entièrement balayé les anciens noms, qui subsistent dans le langage courant des chimistes du XVIIIème siècle, entraînant multidésignations et confusions telles qu'en connaissaient les alchimistes avant Lavoisier. La révolution langagière de Lavoisier n'a donc pas éradiqué les obstacles de communication hérités des alchimistes. Une notation réellement universelle doit alors s'imposer pour clarifier la communication.

- Corollaire du problème précédent, certains termes continuent de véhiculer des significations parasites dans la vie courante, comme par exemple les termes qui n'ont pas été adaptés par Lavoisier (« fer », « or », « mercure », etc.). Par ailleurs, certains termes de l'ancienne et de la nouvelle nomenclature ne fournissent pas les informations de composition souhaitées par Lavoisier (« eau », « ammoniac », « acide muriatique », « acide oxalique », etc.).

- Enfin, la langue ordinaire modifiée de Lavoisier est incapable de rendre des informations quantitatives complexes, comme un rapport volumique des substances formant un corps composé. En effet, le terme « acide sulfurique » n'intègre pas le ratio entre volumes de soufre, d'hydrogène et d'oxygène dans la substance « acide sulfurique ». La découverte de la stœchiométrie par Richter en 1792, et donc de rapports constants entre substances entrant en réaction, offrira une nouvelle opportunité d'identifier les substances non pas par le nom des éléments qui la composent, mais bien par le ratio de ces éléments dans la particule élémentaire.

3.3.2. Premier système symbolique, première équation chimique

La première contribution à une écriture symbolique chimique est d'ailleurs associée à la fameuse *Méthode de nomenclature chimique* de Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet et de Fourcroy (1787). Hassenfratz et Adet y proposent un « nouveau système de caractères chimiques » joint à la fin de la *Méthode*. Ce système est dépeint comme « des nouveaux signes adaptés à la nouvelle nomenclature […], de beaucoup préférables aux anciens, et qui ont le grand mérite de peindre aux yeux, non des mots, mais des faits. » (Guyton de Morveau *et al.,* 1787, p. 311-312). Pourtant, le système de Hassenfratz et Adet emprunte abondamment au symbolisme alchimique, en présentant un grand nombre de figures géométriques classiques (triangles, cercles, droites)[14]. L'apport principal réside dans l'ajout de lettres inscrites dans les figures et permettant d'associer le symbole au nom de la nouvelle nomenclature (figure 14).

Cette tentative de formulation ne rencontrera pas le succès escompté, et ne sera d'ailleurs que très peu utilisée par les auteurs de la *Méthode* eux-mêmes. Cet échec s'explique par l'incapacité de ce système à rendre aisément les rapports quantitatifs de combinaison entre éléments, et par l'aversion de Lavoisier pour les systèmes symboliques : c'est bien par le langage oral

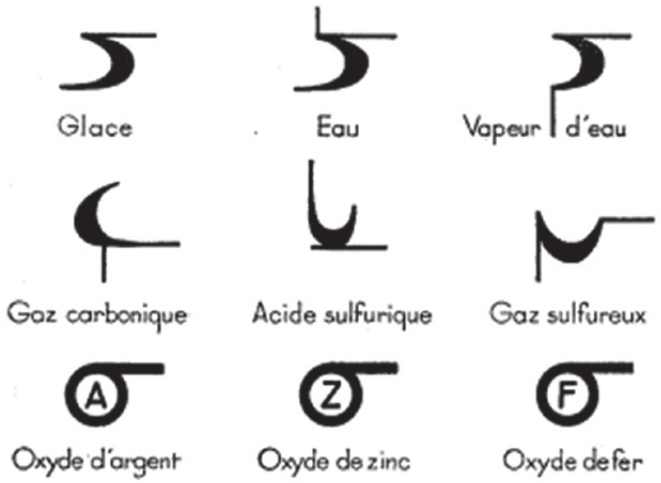


Figure 14. Exemples de symboles du système de Hassenfratz et Adet (Guyton de Morveau *et al.*, 1787)

que celui-ci mène sa révolution, et non par l'usage de caractères hiéroglyphiques pour initiés (Dagognet, 1969). Lavoisier n'utilisera en tout et pour tout qu'une seule fois cette « notation cabalistique » dans son œuvre (Lavoisier, 1782). Cette critique de l'écriture symbolique est pourtant paradoxale au vu de sa volonté de ramener la chimie à une algèbre dans son *Traité Elémentaire de chimie* (1789). Il y écrit en effet la première équation chimique nominative, rendant compte de la conservation de la masse au cours d'une réaction chimique :

> « moût de raisin = acide carbonique + alkool »

Cette équation est précédée du très célèbre texte exposant la loi de la conservation de la matière (Lavoisier, 1789, p. 141) :

> Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles 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 toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse.

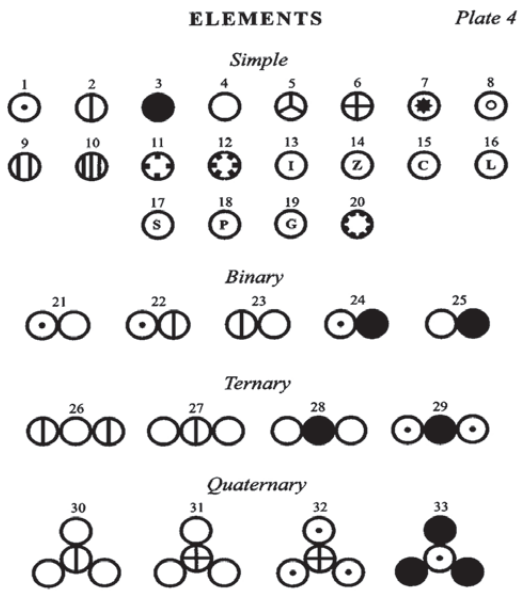
L'utilisation conjointe du signe « + », du signe « = » et la linéarisation de l'énoncé constituent une première, et installent une relation nouvelle entre mathématiques et chimie, qui sera promise à un grand avenir[15]. On retiendra malgré tout que Lavoisier nuance cet usage des mathématiques en chimie en déclarant que « nous sommes encore bien loin de pouvoir porter dans la chimie la précision mathématique » (Lavoisier, 1782, p. 515) et, par conséquent, le lecteur doit considérer les propositions de Lavoisier « comme de simples annotations, dont l'objet est de soulager les opérations de l'esprit » (Lavoisier, 1782, p. 515). *Le recours au symbolique, pour Lavoisier, est donc avant tout un outil pratique, mais en aucun cas une alternative à la nomenclature nouvelle.*

3.4. De Dalton à Berzelius

3.4.1. Système symbolique de Dalton

Dalton propose son propre système de notation symbolique dans son *New System of Chemical Philosophy* (1808). Les atomes y sont identifiés par des cercles dans lesquels sont incrustées des formes diverses (barres, étoiles, croix) et des lettres représentant l'initiale du terme associé à la substance en langue anglaise. Par exemple, l'atome de carbone est représenté par la lettre « C » à l'intérieur d'un cercle (figure 15).

Ce système ingénieux ne fut pourtant pas popularisé. En effet, les présupposés théoriques à la



1. Hydrogène
2. Azote
3. Carbone
4. Oxygène
5. Phosphore
6. Soufre
7. Magnésium
8. Calcium
9. Sodium
10. Potassium
11. Strontium
12. Baryum
13. Fer
14. Zinc
15. Cuivre
16. Plomb
17. Argent
18. Platine
19. Or
20. Mercure
21. Eau
22. Ammoniac
23. Monoxyde d'azote
24. Ethylène
25. Monoxyde de carbone
26. Protoxyde d'azote
27. Dioxyde d'azote
28. Dioxyde de carbone
29. Méthane
30. Trioxyde d'azote
31. Trioxyde de soufre
32. Sulfure d'hydrogène
33. Alcool

Figure 15. Exemples de représentations symboliques de Dalton (1808-1827). Nous avons ajouté la légende jouxtant les symboles de Dalton.

base des représentations de Dalton (en particulier l'hypothèse atomiste) n'étaient pas partagés par l'ensemble de la communauté scientifique de l'époque. De plus, les règles d'affinité chimique, qui stipulent que deux particules identiques doivent se repousser, rendaient complexes, voire impossibles, certaines représentations de substances telles que proposées par Dalton (Klein, 2001). Par exemple, deux atomes ne peuvent être liés directement l'un à l'autre pour des raisons d'affinité chimique de même signe. Enfin, le système engendrait des problèmes de communication dus à l'usage d'initiales de termes en anglais, susceptibles de jeter une certaine confusion sur la substance considérée pour les locuteurs non-anglophones. Ainsi, le symbole de Dalton pour l'argent est un « S » (pour « silver ») incrusté dans un cercle, ce qui pouvait être interprété comme un symbole du soufre pour un chimiste de langue française.

3.4.2. Système symbolique de Berzelius

La plupart des symboles chimiques actuels sont introduits en 1813 par Berzelius. Le système rencontre un succès quasi immédiat pour diverses raisons que nous allons développer. Ces raisons sont directement liées aux grandes caractéristiques de la notation symbolique de Berzelius.

1) Une restriction importante dans le choix des symboles

Berzelius choisit non seulement d'utiliser des lettres de l'alphabet latin, mais également d'abandonner toutes formes géométriques, pourtant omniprésentes dans les précédentes contributions. Il justifie ce choix en écrivant (Berzelius, 1813-1814) :

> The chemical signs[16] ought to be letters, for the greater facility of writing, and not to disfigure a printed book. Though this last circumstance may not appear of any great importance, it ought to be avoided whenever it can be done[17].

La raison qu'invoque Berzelius peut paraître prosaïque, mais elle s'inscrit dans les enjeux importants de son siècle : il s'agit de permettre une diffusion facilitée des œuvres scientifiques par impression massive des ouvrages ; les caractères empruntés à l'alphabet latin intégreront plus aisément un texte en langue ordinaire. Par la suite, Berzelius ajoute à son système des notations qui s'éloignent de la langue ordinaire, mais qui permettent de gagner de la place : le point placé au-dessus du symbole chimique désigne l'atome d'oxygène ; un trait barrant la lettre signifie un dédoublement de la particule (figure 16).

Noms des substances	Formules	« Poids de l'atome » (23)	
		O = 100	H = 1
Hydrogène	H	6,2398	0,50
	~~H~~	12,4795	1,00
Carbone	C	76,44	6,13
Eau	~~$\dot{H}$~~	112,48	9,01
Ac. sulfurique (24).	$\dot{\dot{\dot{S}}}$	501,16	40,16
Soude (25)	$\dot{Na}$	390,90	31,32
Chlor. sodique (26).	Na~~Cl~~	733,55	58,78
Alcool	~~CH^3~~O	290,31	23,26

Figure 16. Exemples de représentations symboliques de Berzelius (1828).[18]

Ces notations particulières, abandonnées par Berzelius lui-même pour des substances plus complexes, ne seront pas non plus conservées par la postérité, en vertu sans doute de l'argument de leur auteur : tout symbole étranger aux signes de la langue ordinaire rend plus complexe la diffusion des connaissances exprimées dans cette langue. D'ailleurs, pour réaliser son système, Berzelius n'invente stricto sensu aucun symbole (contrairement à ses prédécesseurs) : il emprunte uniquement des symboles existant dans d'autres systèmes sémiotiques.

2) Une référence systématique au nom latin

Berzelius construit ses symboles selon des règles simples basées sur deux grands principes : la primauté du terme latin et la distinction entre métaux et métalloïdes. Il note (Berzelius, 11813-1814) :

> I shall take, therefore, for the chemical sign, the initial letter of the Latin name of each elementary substance: but as several have the same initial letter, I shall distinguish them in the following manner: 1. In the class which I call metalloids, I shall employ the initial letter only, even when this letter is common to the metalloid and to some metal. 2. In the class of metals, I shall distinguish those that have the same initials with another metal, or a metalloid, by writing the first two letters of the word. 3. If the first two letters be common to two metals, I shall, in that case, add to the initial letter the first consonant which they have not in common: for example, S = sulphur, Si = silicium, St = stibium (antimony), Sn = stannum (tin), O = oxygen, Os = osmium, &c.[19].

La nomenclature latine est retenue car elle est « commune aux naturalistes de tous les pays, et peut servir à tous, sans qu'il soit nécessaire de la changer suivant la langue (Berzelius, 1838, p. 266). Le choix du nom latin ne rencontre cependant pas un accord unanime, ce qui engendre de multiples modifications par rapport à la première version de Berzelius. Des symboles associés à des noms latinisés à consonances germaniques ou anglaises[20] sont ajoutés pour équilibrer quelque peu le système. Cependant, la majeure partie des symboles chimiques reste issue de l'abréviation de termes en langue latine[21]. La distinction entre métaux et métalloïdes est liée à la théorie dualistique de Berzelius abordée ci-après.

3) Une mathématisation accrue de la symbolique chimique

Berzelius a l'originalité de développer la notation mathématique déjà embryonnaire chez Lavoisier. Il ajoute des chiffres aux signes « + » et « = », introduits par ce dernier, en leur donnant un sens chimique. On peut lire (Berzelius, 1813-1814) :

> The chemical sign expresses always one volume of the substance. When it is necessary to indicate several volumes, it

> is done by adding the number of volumes : for example, the oxidum cuprosum (protoxide of copper) is composed of a volume of oxygen and a volume of metal ; therefore its sign is Cu + O. The oxidum cupricum (peroxide of copper) is composed of 1 volume of metal and 2 volumes of oxygen ; therefore its sign is Cu + 2O. In like manner, the sign for sulphuric acid is S + 3O ; for carbonic acid, C + 2O ; for water, 2H + O, &c[22].

Le système de Berzelius répond à la demande pressante de pouvoir représenter les rapports quantitatifs entre éléments formant un corps composé. Le symbole chimique est avant tout la représentation d'un volume de la substance. Il n'est donc absolument pas question, dans cette première version, de représenter la substance d'un point de vue microscopique (atomes, molécules) mais de fournir un symbole pratique rendant compte d'une propriété macroscopique : ici, le nombre de volumes d'une substance entrant en jeu dans la formation d'un composé. L'extension du coefficient stœchiométrique à un nombre d'atomes d'un certain type dans un composé apparaîtra dans les articles ultérieurs de Berzelius, à partir de la fin des années 1820[23]. Il est à noter que le chiffre « 1 » n'est jamais indiqué, à la fois pour simplifier l'écriture et parce qu'il est tacitement véhiculé par le symbole chimique lui-même. Le chiffre « 2 » présent dans l'expression « C + 2O » peut surprendre les chimistes d'aujourd'hui. En effet, il semble relever à la fois de l'indice (car il indique un ratio à l'intérieur d'un composé) et du coefficient (car le chiffre est placé devant le symbole chimique). La confusion a d'ailleurs subsisté jusqu'à la moitié du XIXème siècle.

Le signe « + », en outre, prend une signification spéciale dans l'écriture symbolique de Berzelius. Il sépare les éléments formant le corps composé, tout en soulignant que ces éléments s'« additionnent » pour former la substance. Dans ce système, le signe « + » est également un produit de la théorie qui sous-tend le travail de Berzelius.

4) La conception dualistique de la matière

Dans sa théorie, Berzelius distingue les électropositifs (métaux) et les électronégatifs (métalloïdes), qui s'agglomèrent selon des règles d'« électroaffinité ». Dans l'exemple cité plus haut, le cuivre (électropositif) est attiré par l'oxygène (électronégatif), formant ainsi l'oxyde de cuivre (I ou II). Berzelius reconnaît d'ailleurs une négativité absolue à l'oxygène, « comme il n'est jamais positif relativement à aucun autre » (Berzelius, 1818-1819). Berzelius va plus loin en affirmant que tout corps composé est lui-même issu de l'association de deux constituants, l'un électropositif et l'autre électronégatif. C'est la conception dualistique binaire de la matière (Dagognet, 1969). À ce sujet, Berzelius écrit (Berzelius, 1813-1814) :

> When we express a compound volume of the first order, we throw away the « + », and place the number of volumes above the letter : for example, $CuO + SO^3$ = sulphate of copper, $CuO^2 + 2SO^3$ = persulphate of copper[24].

Par cet exemple, Berzelius applique sa théorie dualistique : l'oxyde basique (composé d'un métal et d'oxygène) est électropositif, tandis que l'oxyde acide (formé d'un métalloïde et d'oxygène) est électronégatif. L'abandon du signe « + » initial entre les symboles Cu et O sera très vite généralisé dans le courant des années 1820, mais la présence du signe « + » dans les composés plus complexes perdurera jusqu'au début du XXème siècle. Il est intéressant de noter, dans la version compactée de la formule chimique, le déplacement du chiffre indiquant le nombre de volumes de substance en exposant du symbole chimique : l'oxyde acide « S + 3O » devient « SO^3 ». De nouveau, le chimiste d'aujourd'hui s'étonnera que notre indice actuel soit placé en exposant du symbole chimique, après avoir été placé devant ce même symbole dans les premières propositions de Berzelius. Notons enfin que la théorie de l'électroaffinité impose également une règle de conversion de la formule chimique dans la langue ordinaire modifiée : on commence par citer la partie électronégative pour terminer par la

partie électropositive. On dira donc « sulfure de carbone » et non « carbure de soufre », alors que l'on écrira « CS_2 » et non « S_2C ».

5) Des parenthèses qui facilitent l'interprétation

Berzelius inaugure aussi l'usage systématique de parenthèses pour séparer ce qu'il appelle « des volumes de deuxième ordre » : « for example, alum is composed of 3 volumes of sulphate of alumina and 1 volume of sulphate of potash. Its symbol is $3(AlO^2 + 2SO^3) + (Po^2 + 2SO^3)$[25,26] » (Berzelius, 1813-1814).

Ces parenthèses sont un emprunt de plus au système symbolique mathématique, renforçant ainsi l'aspect algébrique de la formule chimique.

6) Réception et limites

Bien que populaires et rapidement utilisés dans la communauté scientifique, les symboles de Berzelius furent sévèrement critiqués par certains de ses pairs. Langage construit pour être univoque, sans redondance, la symbolique de Berzelius fut jugée plus proche d'un code, d'une sténographie qui a certes « exalté la compréhension » mais aussi « déprim[é] l'imagination » (Knight, 2003). Ce côté clinique du système, sans doute dû aux nombreux emprunts à la symbolique mathématique, ne suggère en effet aucune hypothèse sur la nature même de la matière. L'autre critique majeure concerne les processus en jeu : en plus de ne pas décrire l'intimité de la matière, le système de Berzelius ne tente même pas de décrire les mécanismes de transformation de celle-ci. Bref, pour une partie non négligeable des chimistes de l'époque, la symbolique de Berzelius n'apporte rien de neuf à la discipline, tout au plus des abréviations d'un langage déjà suffisamment performant (Klein, 2002).

Dans une publication célèbre, Ursula Klein (2002) rejoue le procès virtuel de Berzelius en prenant fait et cause pour le chimiste suédois. Par un habile changement de perspective, elle retourne les critiques énoncées ci-dessus en faveur de la symbolique de Berzelius. Klein relève que ce serait précisément l'absence de redondances qui garantit l'univocité : chaque formule chimique est censée représenter une seule et unique substance. Ce serait justement l'absence de référence déclarée à la composition intime de la matière qui permet au système d'être performant (voire performatif) : isolé de toute théorie discutable, il peut servir d'outil à tous les chimistes. Ce serait encore le recours aux signes mathématiques qui fait de la symbolique de Berzelius un outil efficace pour expliquer et prévoir des quantités de produits formés. Enfin, au contraire de la « déprimer », le système de Berzelius exalterait plutôt l'imagination des chimistes, jusqu'à permettre l'élaboration de nouvelles théories, dont le concept de substitution proposé par Dumas en 1827 (Dumas et Boullay, 1827).

3.5. De 1814 à nos jours

L'importante proposition de Berzelius a connu, jusqu'à aujourd'hui, différentes modifications dues aux progrès continus enregistrés par la chimie moderne.

3.5.1. Formules empiriques, rationnelles et générales

Berzelius distingue, en 1833, les formules empiriques[27] et les formules rationnelles. Les premières sont invariables, en tant qu'elles sont le reflet direct des résultats expérimentaux. Les secondes peuvent varier en fonction de l'intention de l'auteur, tant qu'elles rendent compte de l'attraction entre deux parties d'électroaffinité opposée. La formule rationnelle a pour vocation d'exprimer l'idée de la « combinaison intime » (Berzelius, 1833). Par exemple, la formule empirique de l'alcool est « C^2H^6O » ; par contre, les formules rationnelles de l'alcool peuvent prendre différentes formes (« $C^2H^4O + \cancel{H}$ » ; « $\cancel{C}H^3 + O$ » ; etc.) selon les parties considérées. Cette liberté de combinaison est essentielle pour comprendre les avantages de la notation de Berzelius. De fait, selon Klein, la théorie des radicaux en chimie organique sera bâtie en déplaçant « un peu plus à gauche, un peu plus à droite » (Klein, 2001, p. 28) les symboles de Berzelius dans les formules rationnelles. Ce fait

historique confirme l'utilisation de la symbolique chimique comme « outil de papier » dans le cadre de l'établissement de formules rationnelles, guidées par la formule empirique déterminée par l'expérience. Les formules générales sont apparues plus tardivement, et leurs symboles furent introduits progressivement : « X » (pour « non-métal ») en 1838, « MO » (pour l'oxyde métallique) en 1844 (de Menten, 2013). Enfin, les formules synoptiques[28] de Laurent (1848) et les formules de Gerhardt (1853), issues de sa théorie des types[29], annoncent les formules de structure et les représentations iconiques.

3.5.2. De l'exposant à l'indice

En 1834, Liebig commence à écrire en indice (plutôt qu'en exposant) les chiffres donnant le nombre de volumes de substance (puis d'atomes) dans un corps composé. Berzelius désapprouve ce changement brutal, bien qu'il propose lui-même d'utiliser l'indice pour représenter un « double atome ». Par exemple, dans le sulfate ferrique, Berzelius pense que le fer existe sous la forme d'un double atome de fer, qu'il écrit « Fe_2 ». Le sulfate ferrique peut s'écrire « $Fe_2O^3 + 3SO^3$ » (Berzelius, 1838). Les indices et exposants coexistent ainsi dans une même notation symbolique. Ce débat entre Berzelius et Liebig aura pour conséquence directe que seuls les chimistes allemands emboiteront le pas à Liebig, au cours du XIXème siècle, les autres restant fidèles aux préceptes de Berzelius. Il faut attendre le début du XXème siècle pour que se généralisent les indices dans les ouvrages en langue française (de Menten, 2013).

3.5.3. Linéarisation de l'équation chimique et usage de la virgule

Entre 1820 et 1850, les équations chimiques symboliques linéarisées commencent à apparaître en étant combinées aux diagrammes d'affinité (Jensen, 2005). On trouve un exemple d'équation chimique linéaire chez Thénard en 1827 (figure 17), ou encore chez Fownes en 1847. On note la présence de chiffres en exposant dans les formules chimiques (selon les règles d'écriture de Berzelius), ainsi que la présence du signe « = » entre les deux termes de l'équation.

Formule atomique.

$$H^2O + SO^3 + Zn = H^2 + (ZnO, SO^3)$$

Figure 17. Equation de réaction de l'acide sulfurique avec le zinc d'après Thénard (1827)

Thénard ajoute une virgule entre les composants du sulfate de zinc (« ZnO, SO^3 »), alors que Berzelius préconise l'usage du signe « + » (« $ZnO + SO^3$ »). Les deux pratiques coexisteront, essentiellement pour la notation symbolique des sels, jusqu'à la disparition progressive de l'écriture symbolique basée sur la théorie dualistique. Pour l'anecdote, Berzelius (1838) propose d'utiliser la virgule pour indiquer le nombre d'atomes de soufre dans le composé, à la manière des points symbolisant l'oxygène, ce qui donne des écritures parfois complexes. La figure 18 montre, avec le « sulfomolybdate potassique », un exemple de cette pratique. Berzelius étend même ce choix graphique en symbolisant le sélénium par un signe « - » et le tellure par un signe « + », placés au-dessus du symbole chimique de l'atome auquel le sélénium (ou le tellure) est lié.

$\dot{K}\ \ddot{Mo}$	Oximolybdate potassique.
$\overset{,}{K}\ \overset{,,,}{Mo}$	Sulfomolybdate potassique.
$\bar{K}\ \overline{\overline{Mo}}$	Sélénimolybdate potassique.
$\overset{+}{K}\ \overset{+++}{Mo}$	Tellurimolybdate potassique.

Figure 18. Exemple de notations symboliques avec points (symbole de l'oxygène), virgules (symbole du soufre), signe « - » (symbole du sélénium) et signe « + » (symbole du tellure) placés au-dessus du symbole chimique du potassium ou du molybdène.

Aujourd'hui, la virgule est encore utilisée pour rendre compte de la présence de molécules d'eau dans les formules chimiques des sels hydratés (par exemple, « $CuSO_4,5H_2O$ »), même si le recours au point, voire au point médian, est devenu majoritaire. Elle est aussi employée dans des écritures symboliques spécifiques comme la formule chimique du topaze « $Al_2SiO_4(F,OH)_2$ ». Dans ce cas, la virgule indique que l'on ne connait pas précisément le ratio entre l'ion fluorure et l'ion hydroxyde, tout en garantissant que la somme de leurs contributions vaut 2 dans la formule chimique[30].

3.5.4. Apparition des représentations de la structure des molécules

Le développement exceptionnel de la chimie organique dans le courant du XIXème siècle eut deux conséquences majeures sur les notations chimiques. La première est l'avènement d'un nouveau système sémiotique : les représentations iconiques qui mettent en avant l'arrangement spatial des atomes dans une molécule. Ce « retour à l'icône » (Edeline, 2009) est motivé en grande partie par l'incapacité du système de Berzelius à distinguer les isomères. Comme l'écrit Dagognet (1969), la langue symbolique des chimistes est performante pour représenter les corps distincts mais elle est inefficace pour distinguer les corps « presque-égaux ». De plus, comme l'arrangement spatial des atomes dans une molécule joue un rôle prépondérant dans les propriétés réactionnelles des substances, il devient nécessaire de caractériser avec précision les liaisons interatomiques et les angles de liaison. Sous l'impulsion de Couper et Kekulé qui postulent l'existence de liaisons entre atomes de carbone, Loschmidt (1861) propose des représentations de molécules faites de cercles emboités et présentant des liaisons simples, doubles ou triples entre atomes de carbone (figure 19).

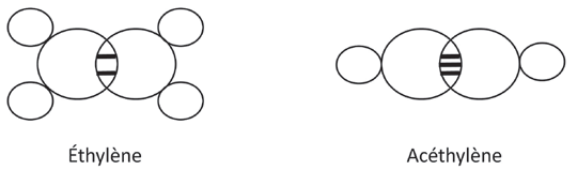


Figure 19. Représentations moléculaires de Loschmidt (1861)

En 1864, les formules de Crum Brown font apparaître les liens chimiques par des traits discontinus. La « formule développée » est née. Elle donnera lieu en une trentaine d'années à de nombreuses versions et modifications de perspective : formule semi-développée plane, projection de Fischer, formule de Haworth, etc.

Néanmoins, Liu et Taber (2016) soulignent que l'amélioration de la représentation de la structure coûte en capacité de traitement quantitatif. Ils en concluent : « As none of these representations is able to afford the whole set of meanings invoked in teaching, they need to be co-deployed to functionally complement each other[31] » (Liu et Taber, 2016, p. 447).

Ce « co-déploiement » de systèmes sémiotiques différents est une caractéristique intrinsèque à la chimie qui trouve manifestement sa source dans les cours tortueux de son histoire d'un point de vue épistémologique.

3.5.5. Apparition des flèches de réaction

Une deuxième grande conséquence de l'avènement de la chimie organique consiste en l'apparition de nombreuses flèches de réaction différentes[32], qui vont petit à petit remplacer le signe « = » initial issu des travaux de Lavoisier. Le développement de la thermodynamique au cours de la deuxième moitié du XIXème siècle va donner lieu à la création de nouvelles flèches adaptées aux nouveaux concepts élaborés. Ainsi, vers 1884, Van't Hoff introduit le symbole de la double flèche à double pointe (⇆) pour représenter l'équilibre chimique. Dix ans auparavant, en 1874, Hinrichs avait introduit le symbole de la flèche pleine à double pointe (⟶), sans qu'elle ne soit utilisée avant 1900 par d'autres chimistes. Enfin, la double flèche à simple pointe (⇌) est proposée par Hugh Marshall en 1902. Alvarez (2012) a dénombré les livres utilisant les différents signes et flèches, de 1800 à la moitié du XXème siècle (figure 20). On remarque la chute de l'utilisation du signe « = » à partir des années 1920 et la coexistence de la simple flèche à double pointe et de la double flèche à double pointe au cours du XXème siècle.

Ce constat a été confirmé par Bataille *et al.* (2015), montrant que la majorité des ouvrages de chimie actuels contiennent à la fois des simples flèches et des doubles flèches, souvent utilisées à bon escient. Par contre, ces ouvrages ne présentent pratiquement jamais de signe « = » dans les équations chimiques publiées. Nous ne prenons pas en considération ici les flèches qui décrivent les mécanismes réactionnels en chimie organique, même si leur étude d'un point de vue didactique nous semble légitime et importante. Le passage du signe « = » à une flèche de réac-

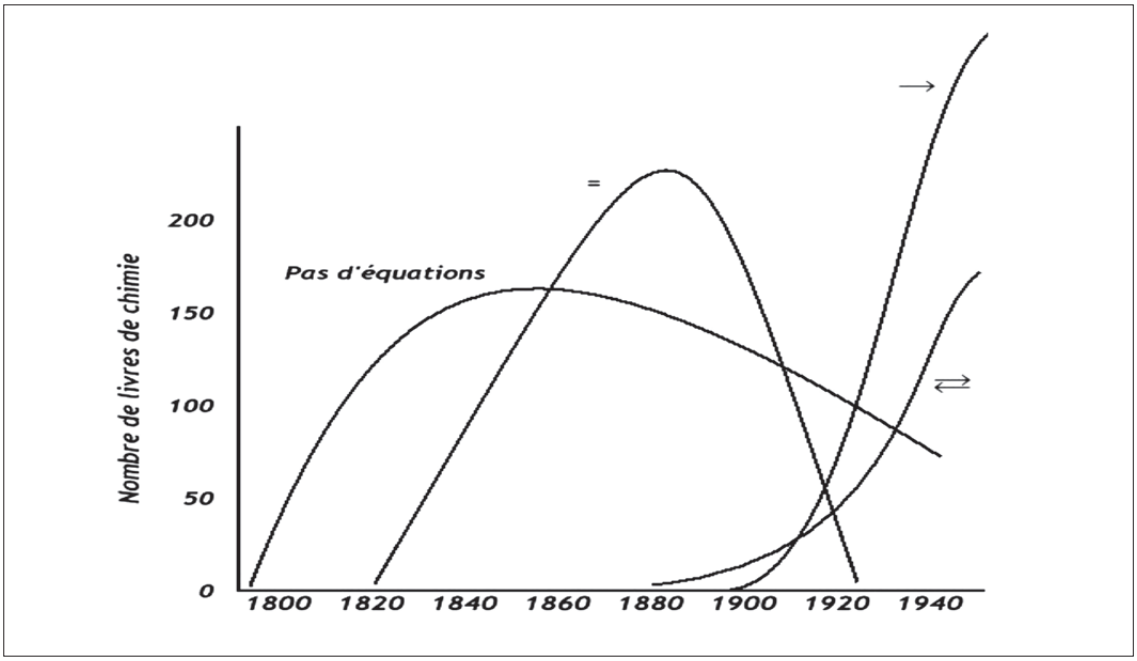


Figure 20. Évolution du nombre de livres présentant des équations chimiques et certains signes (« = », flèche simple, double flèche, etc.) (Bataille *et al.*, 2015, d'après Alvarez, 2012).

tion est un moment important de l'histoire de la notation symbolique en chimie, car il impose un décalage inédit avec les mathématiques.

3.5.6. De la molécule au réseau ionique

La découverte de l'absence de molécules de NaCl dans la substance « chlorure de sodium » constitue également un nœud dans l'histoire de la chimie. La problématique est enclenchée par Arrhenius, malgré lui, quand il postule en 1884 que « salt molecules are found in solid salts as the smallest particles and decompose into ions by dissolving in water[33] » (Barke *et al.*, 2009). En 1912, Laue découvre, via l'utilisation des rayons X, que le terme « molécule de sel » n'est pas adapté pour décrire les réseaux ioniques mis au jour. À partir de là, il fut ardu d'imposer à la communauté scientifique le fait que le cristal de chlorure de sodium ne contienne pas de molécules de chlorure de sodium (c'est-à-dire un atome de chlore lié à un atome de sodium), mais présente un arrangement d'ions sodium et d'ions chlorures respectant une structure cubique à faces centrées. Bragg témoigne de la résistance de certains de ses collègues quant à abandonner l'idée d'une molécule de NaCl : « Some chemists at that time were very upset indeed about this discovery and begged me to see that there was just a slight resemblance of one atom of sodium to one of chlorine as a properly married pair[34]» (Bragg, 1943). Il est intéressant de noter qu'aujourd'hui encore, l'expression « molécule de NaCl » reste très populaire, notamment dans les magazines scientifiques, les manuels scolaires ou les sites internet (Barke *et al.,* 2009).

3.5.7. Désubstantialisation du symbole chimique

Nous ne pouvons terminer ce panorama historique sans évoquer les percées de Gaudin et Avogadro en ce qui concerne la distinction entre atomes et molécules, ainsi que celles de Mendeleïev pour la distinction entre corps simple et élément (Laugier et Dumon, 2004). La clarification des concepts d'atome et de molécule a permis l'installation définitive des équations chimiques et leur pleine exploitation par les chimistes du XXème siècle. Enfin, le concept d'élément défini par Mendeleïev a considérablement modifié le sens donné à un symbole chimique : celui-ci n'est plus seulement représentatif d'une substance ou d'un atome particulier, il devient également le symbole d'une catégorie virtuelle plus large qui entre en résonance avec le tableau périodique. Cette désubs-

Niveau MICROSCOPIQUE	
$H + Br_2 \longrightarrow HBr + Br$	Une étape élémentaire dans la formation de HBr
$H_2 + Br_2 = 2\ HBr$	Ensemble de réactions élémentaires
Niveau MACROSCOPIQUE	
$H_2 + Br_2 = 2\ HBr$	Équation stœchiométrique
$H_2 + Br_2 \longrightarrow 2\ HBr$	Réaction dans une seule direction
$H_2 + Br_2 \leftrightarrows 2\ HBr$	Réaction dans deux directions – réaction réversible
$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2\ HBr$	Réaction menant à un état d'équilibre

Figure 21. Usage et signification des flèches de réaction et du signe « = » (d'après IUPAC, 2007)

tantialisation du symbole chimique peut être vue comme un aboutissement du système initial de Berzelius, où le symbole est initialement une boîte noire, adaptable à toutes transformations graphiques.

3.6. La notation symbolique aujourd'hui

Dans Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry (IUPAC, 2007), une équipe d'auteurs de l'IUPAC proposent quatre symboles différents dont ils cadrent l'usage dans une équation de réaction (figure 21) :

(1) Le signe « = » est ainsi toléré, soit pour décrire « la somme de plusieurs réactions élémentaires » (associée au niveau microscopique), soit pour décrire une « équation stœchiométrique » (associée au niveau macroscopique) rendant uniquement compte de la pondération correcte de l'équation.
(2) La flèche à double pointe (⟶) est réservée pour décrire une réaction élémentaire ou une réaction s'opérant dans une seule direction, respectivement aux niveaux microscopique et macroscopique.
(3) La double flèche à doubles pointes (⇆) sert à représenter une réaction réversible au niveau macroscopique, c'est-à-dire qui peut s'opérer dans les deux directions.
(4) La double flèche à simples pointes (⇌) représente une réaction chimique qui atteint un état d'équilibre, au niveau macroscopique.

Selon IUPAC, le signe « = » peut donc être utilisé dans le cas simple d'une équation chimique pondérée. Si l'intention de l'auteur est de montrer la conservation de la masse, alors le signe « = » s'impose. A contrario, s'il souhaite indiquer que la réaction est incomplète, le symbole « ⇌ » est le plus pertinent. Ainsi, face à un éventail de possibilités graphiques, qui sont les produits de l'histoire de sa discipline, le chimiste doit choisir en connaissance de cause quelle représentation sert le mieux ses projets.

4. Discussions et conclusions

Le cours de l'évolution de la symbolique chimique s'avère donc tortueux, serpentant entre les contraintes techniques et théoriques, les tensions politiques, les rivalités personnelles et les compromis de façade. Il apparaît cependant que le temps fait son office et lisse la pierre rugueuse, offrant – par érosion – l'impression d'une pierre polie et sans défauts. Dagognet (1969, p. 86) avait saisi pleinement ce phénomène en précisant que, comme « les traités s'efforcent d'effacer les guerres autant que de les en empêcher », la symbolique chimique actuelle cache les circonvolutions de l'histoire et constitue un point de consensus qui empêche (pour un temps) les digressions. La symbolique chimique suggère bien du « non-dit » (Barlet et Plouin, 1994), mais ce contenu caché est riche : une formule chimique rend compte autant de

signifiés contemporains qu'elle ne témoigne, en creux, des décisions et des discussions qui ont amené à sa réalisation. Nous pouvons, parmi d'autres axes d'analyse, mettre en avant deux processus importants.

D'une part, on peut remarquer que l'histoire de la chimie est marquée par deux mécanismes en parallèle. Le symbole chimique est d'abord désubstantialisé par Dalton, puis par Berzelius afin d'en faire un véritable « outil de papier ». En même temps que le symbole chimique est désubstantialisé, des éléments de mathématisation de l'équation chimique sont ajoutés (signe « + », signe « = », terme « équation »), ce qui renforce un peu plus la distance avec les substances. Ensuite, on observe une « resubstantialisation » progressive du symbole chimique, par la mise en œuvre des représentations iconiques microscopiques, produites par les avancées technologiques (cristallographie, modèles quantiques, microscopie à force atomique, etc.). Cette concrétisation du symbole est conjuguée à une « démathématisation » de la symbolique chimique : ajout des flèches de réaction, débat sur la pertinence du terme « équation », etc. L'évolution actuelle de la symbolique chimique (IUPAC, 2007) tend vers la recherche d'un équilibre. La concrétisation de la symbolique chimique doit être réalisée tout en assurant le traitement de problèmes quantitatifs ne nécessitant pas forcément de concrétisation des symboles. La proposition de l'IUPAC (figure 21) nous semble aller dans ce sens.

D'autre part, de nombreuses informations, de prime abord essentielles dans l'élaboration de la symbolique chimique, sont perdues : le coefficient comme un volume de substance ; le symbole chimique lié au nom en latin ; l'importance du signe « = » dans les premières représentations symboliques ; l'omniprésence de l'idée de dualité, d'une (électro)affinité « élective » entre substances. Plus généralement, les débats et les hésitations légitimes ont été gommés. Les places différentes occupées dans l'histoire par l'indice et le coefficient sont des bons exemples des scientifiques au travail, en recherche de la meilleure représentation possible en regard des modèles dominants de l'époque. Si le prix de l'efficacité d'une représentation est d'effacer les licences au profit de règles bien claires, il nous semble que ces règles ne sont réellement comprises par les locuteurs que si leur épistémologie est clarifiée. Ainsi, il appartient à tout chercheur chimiste, et plus encore à tout enseignant de chimie, de se rendre compte de la charge sémantique que véhiculent les signes de la symbolique chimique, car ils sont les reflets de ce qu'est fondamentalement la chimie : une science en perpétuelle mutation.

Références

ALVAREZ S. (2012) Chemistry: a panoply of arrows, *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 51, n°3, p. 590-600.

BARKE H.-D., HAZARI A. & YITBAREK S. (2009). Misconceptions in chemistry. Berlin : Springer-Verlag.

BATAILLE X., MAUHORAT M.-B. & VIGNERON M. (2015). Du « bon usage » de la flèche come symbole de la transformation chimique. *L'Actualité chimique,* n°399, p. 44-49.

BEGUIN J. (1615). *Tyrocinium Chymicum (Les Elemens de chymie)*. France : Paris.

BENSAUDE-VINCENT B. & STENGERS I. (1995). *Histoire de la chimie.* Paris : La Découverte.

BERGMAN T. (1785). *A dissertation on elective attraction*. London : Murray. Traduction de l'édition originale de 1775.

BERZELIUS J.J. (1813-1814). Essay on the Cause of Chemical Proportions, and on Some Circumstances Relating to Them: Together with a Short and Easy Method of Expressing Them. *Annals of philosophy*, n° 2, p. 443-454.

BERZELIUS J.J. (1818-1819). *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité*. Paris : Méquignon-Marvis.

BERZELIUS J. J. (1828). Bestandtheile der Galle In *Jahres-Bericht Über die Fortschritte der Physischen Wissenschaften*, 2edn, 7thvolume. Tübingen : Heinrich Laupp.

BERZELIUS J.J. (1833). Betrachtungen über die Zusammensetzung der organischen Atome, *Anales de physique et de chimie*, n°28, p. 617-630.

BERZELIUS J.J. (1838). *Traité de chimie (volume 2)*. Belgique : Bruxelles.

BIDLAKE J.P. (1858). *Bidlake's Elementary Chemistry: a Text-book of Elementary Chemistry for the Use of Schools and Junior Students.* London: Allman and Son.

BRAGG L. (1943). *The history of X-ray analysis*. London : Langmans.

BROWN A.C. (1864). On the Theory of Isomeric compounds. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, n°23, p.707-720.

BRUNOLD C. (1930). *Le problème de l'affinité chimique et l'atomistique*. Paris : Masson.

CONDILLAC E.B. (1877). *La langue des calculs, ouvrage posthume et élémentaire imprimé sur les manuscrits autographes de l'auteur*, Librairie Sandoz et Fischbacher, Saint-Denis : Brochin, p. 152. 1ère édition, Paris : Charles Houel, 1798, p. 228.

CROSLAND M.P. (1959). The use of diagrams as "chemical equations" in the lecture notes of William Cullen and Joseph Black. *Annals of science*, vol. 15, n°2, p. 75-90.

DAGOGNET F. (1969). *Tableaux et langages de la chimie – Essai sur la représentation*. Paris : Seuil.

DALTON J. (1808). *A New System of Chemical Philosophy*, 2 vols: vol. 1, part 1. Manchester : S. Russell ; part 2, Manchester : Russell & Allen, 1810; vol. 2, Manchester : Executers of S. Russell, 1827.

DEHON J. (2018). *L'équation chimique, un sujet d'étude pour diagnostiquer les difficultés d'apprentissage de la langue symbolique des chimistes dans* l'enseignement *secondaire belge* (mémoire de thèse). Namur : PUN.

DUBOIS J., GIACOMO M., GUESPIN L., MARCELLESI C., MARCELLISI J.-B. & MÉVEL J.-P. (2012). *Le dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*. Paris : Larousse.

DUMAS J.-B. A. & BOULLAY P. (1827). Mémoire sur la Formation de l'Ether sulfurique, *Annales de Chimie et de Physique*, n°36, p. 294-310.

ECO U. (1988). *Le signe*. Bruxelles : Éditions Labor.

EDELINE F. (2009). Les fonctions sémiotique et heuristique des symboles chimiques : ou de l'icône au symbole et retour. *Protée*, vol. 37, n° 3, p. 45-66.

FABBRIZZI L. (2008). Communicating about matter with symbols : evolving from alchemy to chemistry. *Journal of Chemical Education*, vol. 85, n° 11, p. 1501-1511.

FOULON, J.-P. & BATAILLE, X. (2016). Les flèches ont-elles du sens ? *l'Actualité chimique,* n°404, p. 34-37.

FOWNES G.A. (1847) *Manual of Elementary Chemistry, Theoretical and Practical,* 7th ed.; Philadelphia : Blanchard and Lee.

GEOFFROY, E.F. (1718). Table des différents rapports observés en Chimie entre différentes substances in *Abrégé de l'histoire et des mémoires de l'académie royale des sciences*, 1770, Guenau de Montbeliard, Tome I, Paris.

GERHARDT C. (1853). *Recherche sur les acides organiques anhydres.* Annales de chimie et de physique, vol. 3, n° 37, p. 285-342.

GUYTON de MORVEAU L.-B., LAVOISIER A.-L., BERTHOLLET, C. & de FOURCROY A. F. (1787). *Méthode de nomenclature chimique*. Paris : Cuchet.

HINRICHS G. (1874). *The principles of chemistry and molecular mechanics*, 3 vol., New York : Westermann et co.

IUPAC (Collectif) (2007). *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, 3rd ed., IUPAC-RSC Publishing, www.iupac.org/fileadmin/user_upload/publications/e-resources/ONLINE-IUPAC-GB3- 2ndPrinting-Online-Sep2012.pdf, consulté le 21 juin 2017.

JENSEN W.B. (2005). The symbolism of chemical equations. *Journal of Chemical Education,* vol. 82, n° 10, p. 1461.

KLEIN U. (2001). The creative power of paper tools in early nineteenth century chemistry in *Tools and Modes of Representation in the Laboratory Sciences*, U. Klein (Ed.). Dordrecht : Kluwer academic Publishers.

KLEIN U. (2002). Berzelian formulas as paper tools in early nineteenth-century chemistry. *Foundations of chemistry,* vol. 3, 2001, p. 7-32.

KNIGHT D. (2003). Exalting understanding without depressing imagination. *HYLE*, vol. 9, n° 2, p. 171-189.

LAKSHMINARAYANAN A., Arrows in chemistry, *Resonance*, Journal of Science Education, Indian Academy of Sciences, p. 51-63.

LASZLO P. (1993). *La parole des choses*. Paris : Hermann, éditeur des sciences et des arts.

LAUGIER A. & DUMON A. (2004). L'équation de réaction : un nœud d'obstacles difficilement franchissable. *Chemistry Education : Research and Practice in Europe*, n°5, p. 51-68.

LAURENT A. (1848). *Sur la chlorocyanilide et quelques autre anilides*. Annales de chimie et de physique, vol. 3, n° 22, p. 97-116.

LAVOISIER A.-L. (1782). Considérations générales sur la dissolution des métaux dans les acides in *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782.

LAVOISIER A.-L. (1789). *Traité élémentaire de chimie*. Cuchet Librairie, Paris, reproduction de l'édition originale, Culture et Civilisation, Bruxelles, 1965, Librairie Blanchard, Paris.

LEE A. (1833) *Chemical Diagrams, Accompanied by a Concise Description of Each Decomposition*. Londres : Cox.

LIEBIG J. (1834). Ueber die Constitution des Aethers und seiner Verbindungen, *Annales de Pharmacie*, n° 9, p. 1-39.

LIU Y. & TABER K.S. (2016). Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: their functions and implications for pedagogy. *Chemistry Education : Research and Practice*, n°17, p. 439-451.

LOSCHMIDT J. (1861). *Chemishe Studien I*. Vienna : Carl Gerold's Sohn.

MARKIC S. & CHILDS P. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education : Research and Practice*, n° 17, p. 434-438.

MARSHALL H. (1902). Vorschlag, Betreffend den Gebrauch Modifizierter Gleichheitszeichen in der Chemischen Zeichensprache (« Proposition relative à l'utilisation du signe égal modifié dans la langue des signes chimiques »), *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 1902, vol. 41, n°1, p. 103-107.

MENTEN (de) P. (2013). *Dictionnaire de chimie.* Louvain-La-Neuve : De Boeck.

PRIÉTO L. J. (1968). La sémiologie. Dans *Le langage*, La Pléiade, Paris : Gallimard, p. 93-144.

THÉNARD L. J. (1827). *Traité de Chimie élémentaire, théorique et pratique*, 5ème édition, vol.II, Paris : Crochard.

THIMS L. (2007). *Human Chemistry (volume two).* USA : Morrisville.

VANT'HOFF M.J.H. (1884). Étude de dynamique chimique. Amsterdam : Muller.

Notes de fin

1 Les systèmes sémiotiques sont des systèmes de signes. Les signes sont diversement définis, notamment selon l'intentionnalité ou non de la communication. Ainsi, les signes ayant pour fonction première de transmettre volontairement du sens sont appelés signaux. Parmi les signaux, on trouve les signes linguistiques, les signes non linguistiques, les symboles et les icônes (Dubois et al., 2012). Plus généralement, un signe peut être considéré comme « quelque chose qui est mis à la place de quelque chose d'autre » (Eco, 1988).

2 Une langue artificielle est une pure construction logique, à la manière de l'esperanto.

3 L'icône est définie comme un signe artificiel qui a pour propriété d'imiter de manière perceptible ce à quoi il réfère (Prieto, 1968).

4 Edeline cite l'exemple frappant du *Mutus Liber*, ouvrage alchimique du XVIIème siècle, qui offre la particularité de n'être composé que d'images, sans aucun mot de commentaire ou d'introduction.

5 Le phosphore est bien entendu lié à la lumière (donc, associé au feu), alors que le soufre est considéré par les alchimistes comme un agent particulièrement actif. Sa couleur jaune renvoie à celle du feu et du soleil.

6 Les quatre éléments sont liés aux états de la matière. Ainsi, la terre est associée à l'état solide, l'eau à l'état liquide et l'air à l'état gazeux. Le feu rend compte de la chaleur et de la lumière.

7 En alchimie, le mercure est un des vecteurs de la caractéristique métallique des corps, le soufre est à l'origine de l'inflammabilité des corps, alors que la présence de sel génère le caractère acide des substances.

8 L'antimoine (ou antimoine crud) est l'appellation du sulfure d'antimoine Sb_2S_3 (ou stibnite). L'antimoine « métallique » est nommé « régule d'antimoine ».

9 Le mercure sublimé (ou mercure doux) est le chlorure mercureux Hg_2Cl_2 (aussi appelé calomel). Le mercure sublimé corrosif est le chlorure de mercure (II), $HgCl_2$.

10 L'esprit vitriolique est probablement dans ce cas l'acide chlorhydrique, dissous dans l'eau.

11 D'où le nom péjoratif de « fabricants de tables » donné aux chimistes travaillant sur l'affinité chimique (Brunold, 1930).

12 Lavoisier précise à la fin de la préface de la *Méthode de nomenclature chimique* (1787) que ce travail de refondation doit être considéré comme la mise en œuvre d'un souhait des anciens chimistes illustres, et non comme une remise en question brutale des pratiques de ses prédécesseurs : « Nous pardonnera-t-on d'avoir changé la langue que nos maîtres ont parlée, qu'ils ont illustrée, et qu'ils nous ont transmise ? Nous l'espérons d'autant plus que c'est Bergman et Macquer qui ont sollicité cette réforme. Le savant professeur d'Upsal, M. Bergman, écrivait à M. de Morveau, dans les derniers temps de sa vie : *Ne faites grâce à aucune dénomination impropre. Ceux qui savent déjà entendront toujours, ceux qui ne savent encore pas entendront plus tôt*. Appelés à cultiver le champ qui a produit pour ces chimistes de si abondantes récoltes, nous avons regardé comme un devoir de remplir le dernier vœu qu'ils ont formé » (Guyton de Morveau *et al.*, 1787, p. 16).

13 Qui donneront par exemple « oxygène », « azote », « hydrogène ».

14 Il est à noter que le système de Hassenfratz et Adet implique le recours à des symboles graphiques spécifiques pour des éléments fréquents ou des familles : un trait horizontal pour l'oxygène, un cercle pour un métal, etc. La longueur de la barre verticale indiquait la quantité de calorique contenu dans la substance, ce qui explique les symboles respectifs de la glace, de l'eau et de la vapeur d'eau (figure 14). Les états de la matière étaient donc en partie représentés dans ce système.

15 Cette intention est précisée dans la *Méthode* (Guyton de Morveau *et al.,* 1787, p. 6) : « Les langues n'ont pas seulement pour objet, comme on le croit communément, d'exprimer par des signes des idées et des images, ce sont, de plus, de véritables méthodes analytiques, à l'aide desquelles nous procédons du connu à l'inconnu, et jusqu'à un certain point à la manière des mathématiciens : essayons de développer cette idée. »

16 Notons que Berzelius parle de « signes chimiques » et non de « symboles chimiques ». Le terme « symbole chimique » sera progressivement introduit dans les années 1830 (de Menten, 2013).

17 « Les symboles chimiques doivent être des lettres pour une plus grande facilité d'écriture et pour ne pas défigurer un livre imprimé. Bien que cette circonstance puisse apparaître peu importante, il est préférable qu'elle soit évitée autant de fois qu'on le peut » (traduction libre).

18 Il est à noter que la référence pour le poids de l'atome est bien la substance « hydrogène » symbolisée par H (en tête de la quatrième colonne), mais dont la formule est Ꙗ. Il y a donc confusion entre l'atome d'hydrogène « H » et l'élément hydrogène « H », dont la forme la plus stable dans les conditions standard est le dihydrogène « H_2 » ou « Ꙗ » ici.

19 « Je prendrai donc, pour le symbole chimique, la lettre initiale du nom latin de chaque substance élémentaire. Mais comme quelques symboles présentent la même lettre initiale, je les distinguerai de la façon suivante : 1. Dans la classe que j'appelle métalloïdes, j'emploierai uniquement la lettre initiale, même si cette lettre est commune à d'autres métaux ou métalloïdes. 2. Dans la classe des métaux, je distinguerai ceux qui ont les mêmes lettres initiales en écrivant les deux premières lettres du mot. 3. Si les deux premières lettres sont communes à deux métaux, j'ajouterai à la lettre initiale la première consonne qu'ils n'ont pas en commun. Par exemple, S pour sulphur, Si pour silicium, St pour stibium, Sn pour stannum, C pour carbonicum, Cu pour cuprum, Co pour cobaltum, O pour oxygen, Os pour osmium » (traduction libre).

20 Par exemple, citons « Na » pour le sodium, en référence au terme germanique latinisé « natrium ». La première version de Berzelius indiquait le symbole « So » pour le sodium.

21 Notons que Berzelius fait évoluer les règles d'écriture dans son *Traité de chimie* (1838). D'une part, la lettre minuscule ajoutée aux symboles chimiques des métaux n'est plus la première consonne qui n'est pas non-commune, mais bien la première lettre non-commune. D'autre part, il admet quelques exceptions pour les métalloïdes : le chlore, le silicium et le brome présentent des symboles chimiques à deux lettres (Cl, Si, Br) afin de ne pas concurrencer les symboles chimiques du carbone, du soufre et du bore (C, S, B).

22 « Le symbole chimique exprime toujours un volume de substance. Quand il est nécessaire d'indiquer plusieurs volumes, on le fait en ajoutant le nombre de volumes : par exemple, l'"oxidum coprosum" (protoxyde de cuivre) est composé d'un volume d'oxygène et d'un volume de métal ; donc, son signe est Cu + O. L'"oxidum cupricum" (peroxyde de cuivre) est composé d'un volume de métal et de deux volumes d'oxygène ; donc, son signe est Cu + 2O. De la même manière, le signe pour l'acide sulfurique est S + 3O ; pour l'acide carbonique, C + 2O ; pour l'eau, 2H + O, etc. » (traduction libre).

23 Par exemple, dans son *Traité de chimie* (1838), Berzelius écrit : « Le nombre des atomes est désigné par des chiffres. Un chiffre à gauche multiplie tous les atomes placés à sa droite, jusqu'au premier « + » ou jusqu'à la fin de la formule » (Berzelius, 1838, p. 265).

24 « Quand nous exprimons le volume d'un composé de premier ordre, on enlève le "+", et on place le nombre de volumes au-dessus de la lettre : par exemple, $CuO + SO^3$ = sulfate de cuivre, $CuO^2 + 2SO^3$ = persulfate de cuivre » (traduction libre).

25 « Par exemple, l'alun est composé de trois volumes de sulfate d'aluminium et d'un volume de sulfate de potassium. Son symbole est $3(AlO^2 + 2SO^3) + (Po^2 + 2SO^3)$ » (traduction libre).

26 Le symbole « Po », présent dans la formule chimique donnée par Berzelius, est le symbole précurseur du potassium. Le symbole du potassium devient « K » dans les articles ultérieurs de Berzelius. La formule chimique moderne de l'alun est $KAl(SO_4)_2.12\ H_2O$.

27 Les « formules empiriques » sont plus souvent appelées « formules brutes » de nos jours. Cette expression est déjà présente chez Dumas en 1834.

28 Laurent définit les formules synoptiques comme des « formules dont la disposition soulage la mémoire, et qui supposent des arrangements analogues, dans les corps analogues ». Par exemple, « $CH^2 + O^2$ » est la formule synoptique de l'acide formique, et « $C^2H^4 + O^2$ » est la formule synoptique de l'acide acétique.

29 La théorie des types postule que « dans l'état de la science, les composés organiques peuvent être ramenés à trois ou quatre types […]. Ces types sont l'eau, l'hydrogène, l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque. En échangeant leur hydrogène contre certains groupes, ces types donnent naissance aux acides, aux alcools, aux éthers, aux hydrures, aux radicaux, aux chlorures organiques, aux acétones, aux alcali » (Gerhardt, 1853, p. 337). Gerhardt emprunte les accolades de Bergman pour construire les formules rationnelles.

30 Notons enfin que Berthelot propose une équation avec un signe « - » en 1856 et qu'il ajoute les mentions symboliques indiquant les états de la matière (en toutes lettres) dès 1865 (de Menten, 2013).

31 « Comme aucune des représentations n'est capable d'offrir la totalité des significations invoquées dans l'enseignement, elles doivent être co-déployées pour se compléter les unes les autres de manière fonctionnelle » (traduction libre).

32 Pour en savoir plus sur les flèches utilisées en chimie, lire Lakshminarayanan (2010), Alvarez (2012) ou Foulon et Bataille (2016).

33 « Les molécules de sel se trouvent dans les sels solides, dont elles constituent les plus petites particules, et elles se décomposent en ions en se dissolvant dans l'eau » (traduction libre).

34 « Certains chimistes de cette époque étaient en fait très fâchés de cette découverte et me demandèrent de voir s'il n'y avait pas quelque chose qui ressemble un peu à une paire associant un atome de sodium et un atome de chlore » (traduction libre).

Camille GILLE (1), Paul GOUVERNEUR (1)
et Michel FLAHAUT (1)
(1) Cercle d'histoire de Chastre

Roger van Cutsem et sa famille au « château Le Docte », de 1939 à 1943. Les Laboratoires Triosol à Chastre

Cet article a été précédemment publié dans le bulletin trimestriel du CHERCHA
(Centre Historique d'Etude et de Recherche de Chastre)
"La Mémoire de Chastre" n°85 (décembre 2011), pages 6 à 15.
Il est reproduit ici avec l'aimable autorisation des auteurs

Les anciens village et hameau contigus de Chastre (commune actuelle de Chastre) et de Perbais (commune actuelle de Walhain) ont été le cadre d'une prospérité commerciale et industrielle non négligeable, au dix-neuvième siècle et jusqu'au siècle dernier. L'existence à Chastre d'une gare des chemins de fer n'est pas étrangère à cette situation. La partie Rixensart-Gembloux, tronçon de la ligne Bruxelles-Namur dans laquelle cette gare se situe, a été inaugurée en 1855 déjà. A Chastre même, cette ligne était reliée à la ligne 324-325 des chemins de fer vicinaux, qui y disposaient également, jusqu'en 1950, d'une halte importante [1]. La gare desservait donc une vaste zone de chalandise. Ainsi, fleuron industriel local, une sucrerie s'implantera à proximité immédiate des voies, entre 1863 et 1882, sous l'impulsion de Victor Le Docte [2]. L'entreprise fermera ses portes en 1928, mais ses bâtiments sont toujours visibles aujourd'hui. Comptons aussi parmi tant d'autres établissements, des installations de battage de céréales, une laiterie, un atelier de fabrications métalliques, une manufacture d'instruments de musique, une fabrique de meubles, des dépôts de matériaux, etc. [3].

Le souvenir de certaines de ces entreprises est aujourd'hui bien effacé. C'est le cas pour les « Laboratoires Triosol », implantés à Chastre pendant peu de temps il est vrai – entre 1939 et 1943 –, et dont l'objet social était la fabrication et la vente de spécialités pharmaceutiques. Nous allons en présenter l'histoire. Nos sources sont en majeure partie les archives et des souvenirs de monsieur Jean-Marie van Cutsem, un des fils du fondateur de l'entreprise, que nous remercions très vivement de son obligeance à nous renseigner.

1. La naissance de Triosol

Les Laboratoires Triosol naissent à Sauvenière en 1936. Cette année-là, les milieux d'affaires belges sont confiants. La crise *touche à sa fin*. La Belgique, qui a dévalué de vingt-huit pour cent la parité-or de son franc l'année précédente, *est sur la voie d'une expansion économique bien caractérisée. Une détente des rapports internationaux contribuerait, sans aucun doute, à accélérer le retour à la prospérité* [4], conclut le rapport de la Banque nationale pour cette

année-là. On sait ce qu'il en advint. En attendant, cela semble le moment d'investir, d'autant que les taux d'emprunt sont extrêmement bas. Ils tournent autour de un pour cent [5].

C'est ce que fait Roger van Cutsem, qui crée son entreprise sous la forme d'une sprl, au capital de cinquante mille francs belges [6].

2. Qui est Roger van Cutsem ?

Roger van Cutsem est né à Boechout (province d'Anvers) le 17 mai 1897, fils de Paul et de Victorine de Bruyne. Il se marie à Waremme, le 13 juin 1919, avec Elvire Roberti, née à Waremme le 18 novembre 1900, cinquième enfant d'Auguste et d'Elvire Percy. Issu d'une famille qui fait remonter loin dans le temps son origine, Roger van Cutsem appartient à une branche anversoise de celle-ci, qui a compté dans ses rangs notaires, magistrats, et autres citoyens impliqués dans la gestion de la cité. Roger van Cutsem est juriste de formation, dans le droit fil de cette lignée.

C'est peut-être son mariage qui va infléchir sa destinée. Sa femme, Elvire Roberti, n'appartient pas à une famille de *gens de robe*, mais à une famille d'importants et entreprenants propriétaires terriens hesbignons. Son beau-père, Auguste Roberti, est ainsi devenu administrateur délégué de la société anonyme « Sucrerie Notre-Dame » à Oreye, créée par sa famille après le rachat par celle -ci de la « Sucrerie d'Oreye », fondée en 1889 par des membres de la famille Cartuyvels, mais dissoute en 1901 [7].
Quelques années après son mariage, vers 1925, Roger van Cutsem devient directeur de l'usine agricole « Sucrapaille » à Sauvenière (figure 1).

Cette usine est née comme « Sucrerie de Sauvenière » aux alentours de 1875 [8], mais a été reprise après la guerre de 1914-1918 par la s. a. Sucrerie Notre-Dame, évoquée plus haut, pour devenir une usine de fabrication d'aliments pour chevaux et bovins. Ses produits sont vendus sous la dénomination « Sucrapaille » ou « Sucrapaille Maxima », *marque déposée* (Figure 2).

Le « sucrapaille » qui a donné son nom à l'entreprise, est un fourrage constitué à partir de paille ou de paillettes et de mélasse, *contenant le maximum de matière sèche, le minimum d'eau, à vingt-trois – vingt-cinq pour cent de sucre, d'une conservation indéfinie, sans coulage ni suintement*, précise une « réclame » de la Sucrerie d'Oreye, en 1912 [9]. L'usine était installée à l'angle des actuelles chaussée de Tirlemont et rue Baron Charles Poswick, juste

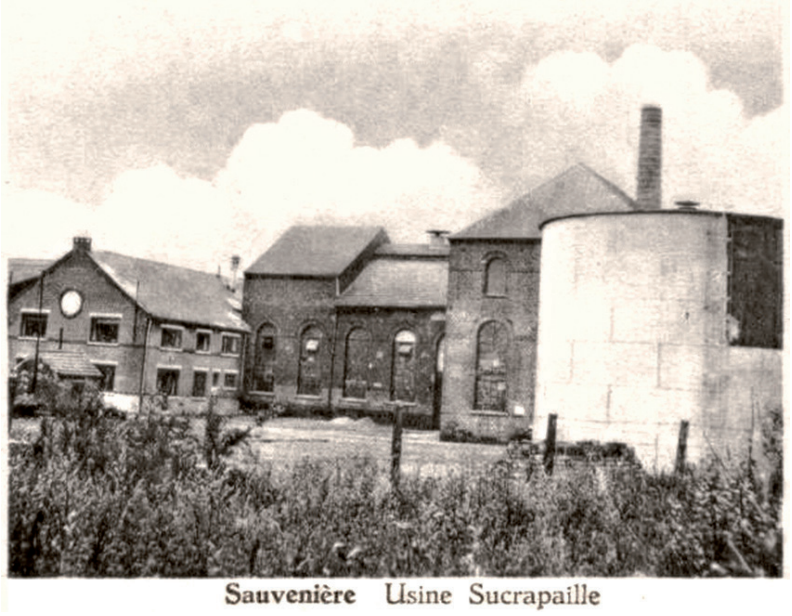


Figure 1. L'usine Sucrapaille à Sauvenière, vers 1950. Le bâtiment à gauche, présentant en pignon un bas-relief en médaillon, existe toujours. Le reste a disparu (Partie inférieure d'une carte-postale double présentant également la gare de Sauvenière. Collection particulière)

Figure 2. Plaque émaillée publicitaire pour les produits Sucrapaille, textes et dessins rouges et noirs sur fond blanc, 70 x 50 cm, Sauvenière, 1934. Collection particulière.

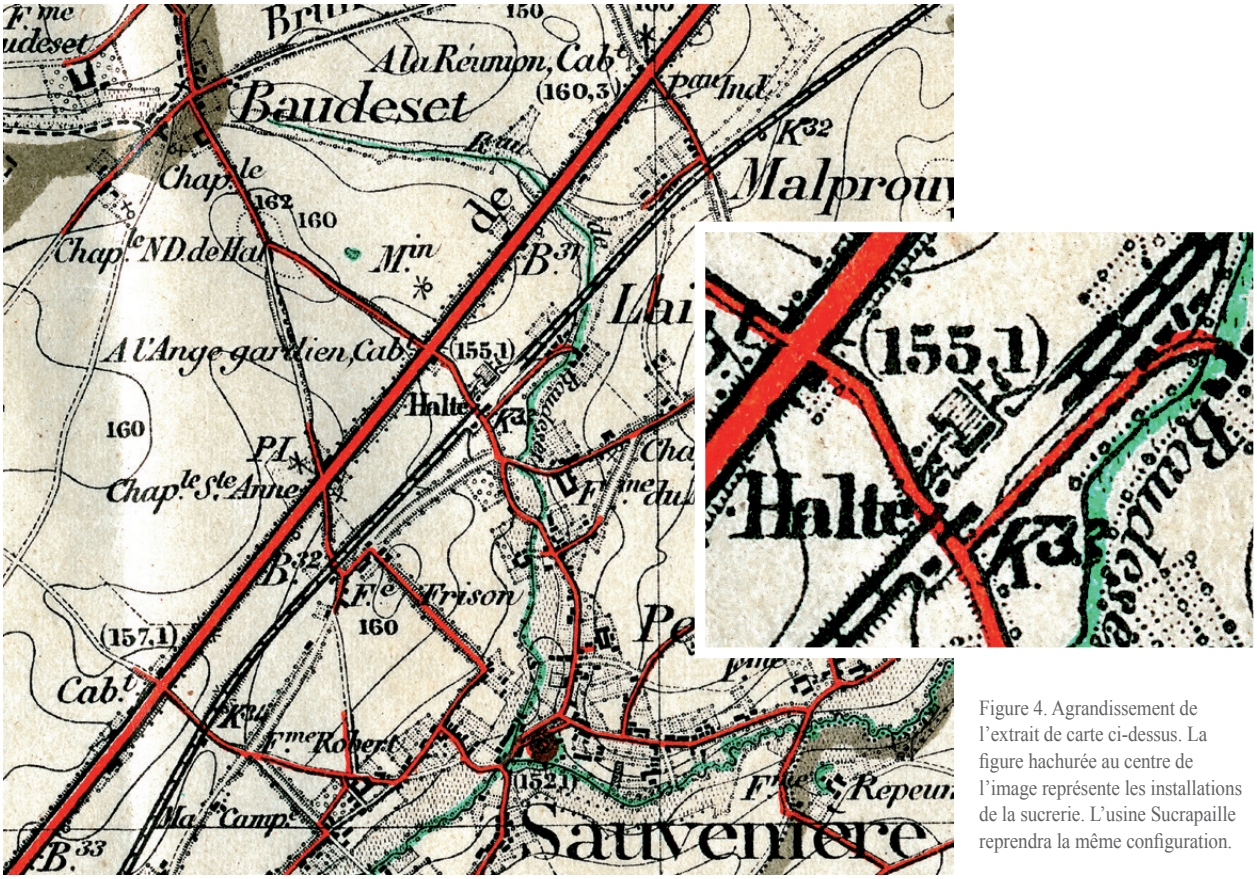


Figure 4. Agrandissement de l'extrait de carte ci-dessus. La figure hachurée au centre de l'image représente les installations de la sucrerie. L'usine Sucrapaille reprendra la même configuration.

Figure 3. Situation de la « Sucrerie de Sauvenière », future « Sucrapaille », entre 1885 et 1894. Le site de l'usine et de la gare (*Halte*) est entouré d'un trait gris. Institut cartographique militaire, carte au 40 000e, revue sur le terrain en 1885, zincographiée en 1892, dernière mise à jour en 1894, édition 1900.

à côté de la gare de Sauvenière – ce n'est pas innocent de le relever –, située sur la ligne de la SNCB Gembloux-Landen (Figures 3 et 4). Elle possédait une voie ferrée propre qui la reliait à la ligne nationale. Dans les années 1920, elle comptait une cinquantaine d'ouvriers [10].

Roger van Cutsem y découvre le monde des productions agricoles. Il y découvre également le milieu des facultés agronomiques et vétérinaires belges, ce qui lui sera d'un grand profit par la suite. Mais est-ce vraiment confortable de dépendre professionnellement de sa belle-famille ? Roger van Cutsem se découvre-t-il une âme de chef d'entreprise indépendant ? Toujours est-il qu'il prépare sa reconversion. Établi dans la maison directoriale qui jouxte l'entreprise – et qu'il a fait agrandir –, il installe à proximité de la maison un élevage de poules, et teste sur celui-ci divers traitements vétérinaires, inspirés ou proposés par des chercheurs universitaires. Son fils Jean-Marie, quatre ans, né à Sauvenière, se souvient de cet élevage :

Grâce à la couveuse électrique, j'ai vu éclore un œuf et assisté aux premiers moments de vie d'un poussin. C'est un de mes premiers souvenirs d'enfant, rapporte-t-il.

Nous sommes en 1936. C'est l'année où la Raffinerie Tirlemontoise devient actionnaire majoritaire de ce qui est devenu entretemps la « Raffinerie » d'Oreye. Pour Roger van Cutsem, c'est décidé. Il commercialise à Sauvenière, dans le cadre de la société qu'il crée à cet effet, des spécialités vétérinaires destinées aux oiseaux d'élevage, pigeons, oiseaux de volières, poules et autres volatiles de basse-cour. Ces spécialités s'appellent *Liqueur, Anti-coccidiose*, *Anti-paratyphose*, *Anti-coryza*, *Anti-pullorose, etc.* (Figure 5).

La spécificité de l'entreprise n'est pas tant la recherche vétérinaire, que la mise au point pratique et le conditionnement de produits. Ceux-ci sont mis sur le marché sous la dénomination « Triosol - Laboratoires de Recherches bio-

Figure 5. En-tête d'un feuillet publicitaire vantant les mérites d'un anti-paratyphose pour les pigeons. Sauvenière, vers 1936. Bichromie vert et noir, en français et en néerlandais recto-verso. Archives Jean-Marie van Cutsem.

logiques ». Pourquoi ce nom de « Triosol » ? *Pour faire pièce à une société concurrente de l'époque, dénommée… Diosol*, explique plaisamment Jean-Marie van Custem, d'après les dires de son père.

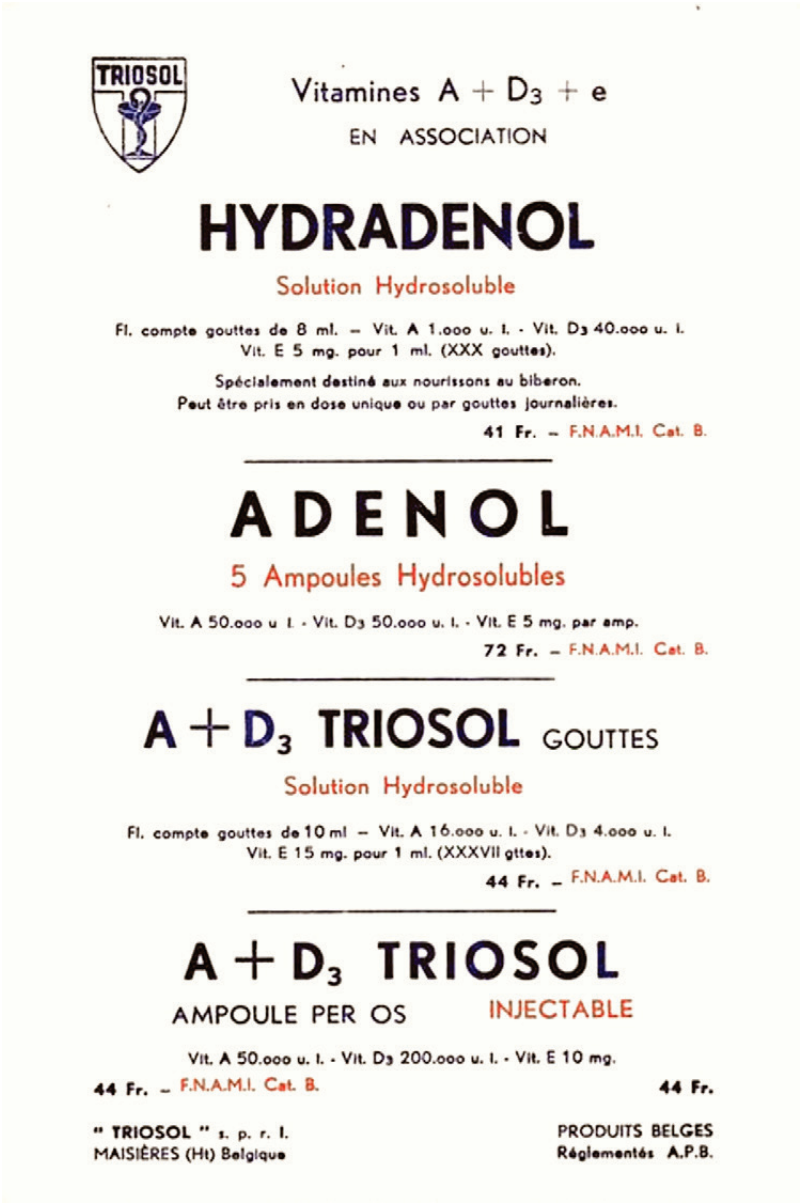
3. Triosol à Chastre

En janvier 1939, c'est le grand saut dans l'indépendance professionnelle. Roger van Cutsem abandonne Sucrapaille – la commune de Sauvenière le déclare « sorti » le 11 – et déménage sa famille et son entreprise à Chastre, où il est inscrit le 27 du mois dans le registre de la population. Pourquoi Chastre ? Écoutons son fils Jean-Marie. *Mon père a choisi Chastre pour s'y implanter, car il y a trouvé une habitation suffisamment grande pour héberger ses cinq enfants et ses bureaux. Il avait également besoin, à proximité, de locaux convenant à l'installation du laboratoire, et tout cela près d'une gare. La propriété remplissait ces conditions.*

La famille s'installe dans ce qui est appelé un peu pompeusement le « château Le Docte », que Roger van Cutsem prend en location (Figure 6).

La bâtisse, grosse villa sur plan carré, flanquée d'une tour, a été érigée avant 1882 par Victor Le Docte, le constructeur de la sucrerie voisine, fermée depuis près de dix ans. A l'époque de

Figure 6. Chastre, le « château Le Docte » vers 1900, à l'époque de sa splendeur. Le patronyme éponyme a connu plus d'une version. Initialement Dogue ou Le Dogue, devenu Le Docte au dix-huitième siècle, il est aussi noté Ledocte, notamment à Chastre. La graphie « Le Docq », qui a pu également exister autrefois, doit être considérée, pour l'époque, comme une version fantaisiste de l'éditeur du document (Carte postale ayant circulé, timbre « armoiries », 1893-1907. Coll. Camille Gille)



Publicité Triosol, années 1950 (?). L'entreprise est installée à Maisières. Papier-buvard, format 14 x 21 cm, impression recto-verso, en français et en néerlandais, bichromie noir et rouge. Coll. particulière.

l'installation des van Cutsem en ses murs, la villa n'est plus habitée depuis un temps certain, elle manque de confort et nécessite un sérieux rafraîchissement intérieur. C'est ce à quoi s'emploiera le père de famille, qui rebaptisera illico son petit château en « Castel d'Alerne », allusion à cette ancienne appellation de « Chastre-Dame-Alerne » du village où il s'est installé. Les laboratoires proprement dits seront établis dans une annexe de la propriété, un long bâtiment situé au nord-ouest de la maison, aujourd'hui à l'abandon (Figure 7).

Malheureusement, la guerre surviendra rapidement, avec les drames que l'on sait. Pour ce qui concerne l'entreprise, l'état de guerre, dès 1939, conduit à l'interdiction de tous les concours internationaux de pigeons. La conséquence fut une chute très importante de la vente des spécialités destinées à la colombophilie, le point fort de Triosol. Cette situation incite Roger van Cutsem à prendre un tournant radical : il commercialisera dorénavant des spécialités pharmaceutiques à usage humain. Seront mis alors sur le marché, du *Vitadenol* et du *Vitabedenol* – spécialités à base de vitamines, comme leur nom le laisse supposer –, premières productions d'une ligne de produits qui ne trouvera un terme qu'en 1993. Nous en parlerons plus loin. En attendant, la guerre frappe à Chastre comme ailleurs. Écoutons Jean-Marie van Cutsem.

En mai 1940, une attaque aérienne manquée, visant la ligne de chemin de fer et le pont du vicinal enjambant cette dernière, a eu pour résultat que le «Castel d'Alerne» et ses dépendances n'avaient plus ni portes ni fenêtres. Que des dégâts matériels donc, mais aussi une très grande frayeur. Devant cette situation mes parents décidèrent de partir se réfugier chez des amis à Fleurus. Arrivés sur place, ils ont trouvé porte close. Ce qui les a obligés à aller plus loin. Pour revenir à Chastre début septembre seulement. Heureusement, un frère de ma mère avait fait remettre entretemps portes et fenêtres en état. La maison et le laboratoire avaient été exposés un certain temps, non seulement aux quatre vents, mais aussi aux pillards, et la remise en route de l'entreprise par mon père s'avérera ardue.

Une fois celle-ci remise sur ses rails, le plus grand problème de mon père ne fut pas de vendre la production, mais bien de trouver les matières premières et les articles de conditionnements pour satisfaire aux demandes.

Les fonctionnaires belges préposés au ravitaillement des entreprises faisaient réellement tout ce qu'ils pouvaient. Par ailleurs, la fabrication des médicaments était considérée par l'occupant comme prioritaire. Mais les autorités d'occupation ne laissaient aux Belges que ce dont ils n'avaient pas besoin eux-mêmes. Mon père devait se débrouiller comme il pouvait.

Un exemple entre mille : Triosol avait reçu, du Secours d'Hiver [11], *une commande importante de comprimés de calcium chocolaté, destinés aux enfants des écoles. Mon père entreprit donc toutes les démarches nécessaires pour obtenir les matières premières nécessaires, dont cent kilos de cacao. Le ministère compétent lui fait livrer cent kilos... de chocolat, en lingots d'un kilo chacun. Je passe sur les détails techniques, mais ces lingots ne pouvaient en aucune manière servir à la fabrication des comprimés commandés.*

Le chocolat était néanmoins une denrée rare. Le stock reçu est donc rentré dans un marché parallèle, où le troc régnait en maître. Si mes souvenirs sont exacts, mon père est arrivé à ses fins, cacao pour chocolat, troc pour troc.

Un autre exemple : La vitamine D nécessaire à la fabrication du Vitadenol n'était pas disponible en quantité suffisante en Belgique. Mais en France, les laboratoires Rhône-Poulenc, producteurs de la dite vitamine, détournaient une partie des livraisons qui devaient partir pour l'Allemagne. Il était donc possible d'en acheter sous le manteau. Alors, mon père passait commande au chef du train Paris - Bruxelles, et lui remettait une liasse de billets de banques coupés en deux. A son retour à Bruxelles, le chef de train lui livrait les ampoules de vitamine D, et mon père lui remettait l'autre moitié des billets de banques.

4. La gestapo au Castel d'Alerne

C'est dans cette ambiance qui obligeait mon père à poser des actes interdits par l'occupant, qu'une après-midi de printemps 1941, deux officiers de la gestapo, revolver à la main, firent irruption dans le salon où se trouvaient ma mère et ma sœur aînée.

Que cherchaient-ils ? Etaient-ils au courant des activités de ma mère dans la résistance ? Apparemment non. Pourtant, ma mère participait à la distribution de la presse clandestine, et organisait une étape-relais pour ceux qui voulaient gagner l'Angleterre via l'Espagne. La gestapo était-elle au courant de l'hébergement d'une jeune fille juive par mes parents, pendant quelques semaines ? Pas davantage. Etait-elle au courant du troc illicite de mon père ? Non.

Voici brièvement comment s'est déroulée cette visite, brutale et agressive.

A l'entrée intempestive des gestapistes dans le salon familial, ma mère se leva immédiatement et leur dit : « Messieurs, on ne rentre pas dans mon salon sans se faire annoncer. Si vous ne sortez pas, moi, je sors ». Elle se leva et se dirigea vers la porte. Mais les gestapistes l'empoignèrent alors, et la conduisirent directement au garage, auprès d'une... mitrailleuse, qui traînait là.

L'arme, trouvée dans le jardin de la propriété, avait sans doute été abandonnée par l'armée française en mai 1940. Elle avait en tout cas été mise expressément hors d'usage. Évidement, lorsqu'elle avait été trouvée dans le jardin, elle aurait dû être remise à la gendarmerie. Mais elle nous avait plutôt servi dans nos jeux d'enfants. Erreur funeste.

Après la découverte de la mitrailleuse, les deux sinistres visiteurs entreprirent une perquisition générale. Sans doute par principe, et sans excès de zèle, heureusement. La perquisition fut vaine, grâce au bon réflexe de ma sœur, restée dans le salon. A quelque chose, malheur est bon : la précipitation des officiers nazis à mettre la main sur l'objet délictueux, lui permit de cacher des docu-

ments compromettants, rangés benoîtement dans un tiroir du bureau de ma mère. Elle les enfouit sous les cendres froides du feu ouvert. La conduite intelligente du chef du laboratoire présent dans la maison nous sauva également. C'était une dame, Léonie Moris, de nationalité luxembourgeoise, parlant parfaitement allemand. Elle cacha subtilement la porte d'entrée d'une chambre où se trouvaient des armes de chasse interdites. Les gestapistes n'y virent que du feu.
Mon père étant en déplacement, ma mère fut embarquée pour détention d'arme illicite. Heureusement, les policiers la conduisirent à la prison de Saint-Gilles et non pas dans les cachots de la gestapo. Avant de quitter les lieux, ils dirent à ma sœur que ma mère était prise comme otage et que mon père devait se constituer prisonnier dès son retour. Ce qu'il fit. La détention de mes parents à St-Gilles dura un mois environ, mais cela est une autre histoire.

5. La fin de Triosol à Chastre

Suite à ce très grave événement, mes parents, ayant analysé les faits et rassemblés les éléments dont ils disposaient, eurent la certitude que cette descente de la gestapo avait été provoquée par une dénonciation. Un voisin ? Un fournisseur ? Mes parents n'ont jamais voulu le savoir et nous ne le saurons jamais. Mais en conséquence, et malgré les énormes difficultés que représentait le déménagement d'une entreprise pendant la guerre, ils décidèrent de quitter Chastre au plus tôt. Ce qui fut fait en 1943.

L'épisode chastrois de Triosol prenait fin. Le 28 octobre 1943, le chef de famille déclarait son départ de Chastre à l'administration communale, et le 30 octobre, les van Cutsem étaient « radiés » du registre de la population. Les laboratoires s'installaient à Maisières (Hainaut), à l'adresse (actuelle) 243, rue Grande, pour y rester jusqu'au terme de la vie de l'entreprise.

Durant la période qui s'écoula entre fin 1940 et fin 1943, la société Triosol aura quand même mis sur le marché de nouvelles spécialités, notamment le *Mucosol* et *l'Ephedragol*, médicaments destinés aux voies respiratoires supérieures, le *Kermosol*, sirop contre la toux, et diverses spécialités à base de vitamines.

Figure 7. Bâtiment à l'abandon des anciens laboratoires « Triosol » sis dans la « propriété Le Docte ». Photo Paul GOUVERNEUR, février 2011.

6. La liqueur d'Alerne

Dans un autre domaine, Roger van Cutsem a développé très tôt à Chastre, un département de produits destinés à l'élaboration de liqueurs. L'idée était bonne : le marché des authentiques liqueurs françaises se tarissait dès 1939. Plus de *Bénédictine*, de *Chartreuse,* de *Verveine* et autres élixirs divins (ou diaboliques). Le chef d'entreprise s'appliquera à mettre au point leurs substituts, en veillant soigneusement à reconstituer les saveurs d'origine, à l'aide de savants mélanges d'arômes. Pas question bien sûr de les afficher sous les appellations d'origine. Mais les clients ne s'y trompent pas : c'est bon.

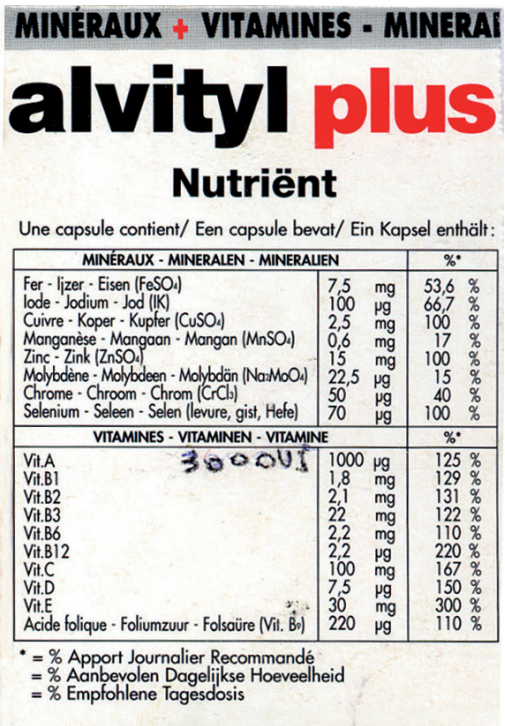
Chose remarquable, même s'il n'est plus dans le giron familial, le département « arômes » existe toujours, sous sa dénomination d'origine, « Lick Essences » [12]. Un des arômes produit porte d'ailleurs le nom de... « Liqueur Abbaye d'Alerne » (Figure 8).

Figure 8. « Liqueur Abbaye d'Alerne », arômes pour liqueur et spiritueux, 20 ml. Produit commercial, version actuelle (2011). Le produit originel a été imaginé et commercialisé par Roger van Cutsem à Chastre.

Où l'on apprend à la fois l'existence de cette abbaye créée pour les besoins de la cause, et *l'origine bénédictine* de ce *savoureux breuvage*, *qui aurait des vertus médicinales,* selon certains distributeurs. Malice ? Pas vraiment. Lisez entre les lignes qu'à la dégustation, le produit fini devrait vous donner l'impression d'une authentique *Bénédictine*.

Après la guerre, Triosol continuera à se développer, mais pas suffisamment pour avoir son propre centre de recherches. Afin de poursuivre son expansion, l'entreprise devint concessionnaire de grandes sociétés pharmaceutiques (allemande, française, japonaise et suisse) et perdit petit-à-petit son autonomie.

Jean-Marie van Cutsem nous précisera que les spécialités pharmaceutiques à usage humains les plus produites ou commercialisées sous pavillon Triosol, seront l'*Adenol,* l'*Alvityl (Figures 9 et 10 ci-dessous)*, les *Beston, Cenol, Foselite, Tocanol* (vitamines), le *Berganol* , les *Ebexol* et *IRS19* (traitement des infections des voies respiratoires supérieures), le *Créon* (traitement des insuffisances pancréatiques), le *Dicetel* (traitement symptomatiques des colopathies fonctionnelles), le *Latepyrine* (traitement symptomatique en cas de fièvre et maux de tête, grippe), le *Prolixan* (anti-inflammatoire), le *Somex* (somnifère), le *Sulfarlem* (régulation hépatique), etc. »



MINÉRAUX + VITAMINES - MINERAI

alvityl plus

Nutriënt

Une capsule contient/ Een capsule bevat/ Ein Kapsel enthält :

MINÉRAUX - MINERALEN - MINERALIEN			%*
Fer - Ijzer - Eisen ($FeSO_4$)	7,5	mg	53,6 %
Iode - Jodium - Jod (IK)	100	µg	66,7 %
Cuivre - Koper - Kupfer ($CuSO_4$)	2,5	mg	100 %
Manganèse - Mangaan - Mangan ($MnSO_4$)	0,6	mg	17 %
Zinc - Zink ($ZnSO_4$)	15	mg	100 %
Molybdène - Molybdeen - Molybdän (Na_2MoO_4)	22,5	µg	15 %
Chrome - Chroom - Chrom ($CrCl_3$)	50	µg	40 %
Selenium - Seleen - Selen (levure, gist, Hefe)	70	µg	100 %
VITAMINES - VITAMINEN - VITAMINE			**%***
Vit.A 300000 I	1000	µg	125 %
Vit.B1	1,8	mg	129 %
Vit.B2	2,1	mg	131 %
Vit.B3	22	mg	122 %
Vit.B6	2,2	mg	110 %
Vit.B12	2,2	µg	220 %
Vit.C	100	mg	167 %
Vit.D	7,5	µg	150 %
Vit.E	30	mg	300 %
Acide folique - Foliumzuur - Folsaüre (Vit. B_9)	220	µg	110 %

* = % Apport Journalier Recommandé
= % Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid
= % Empfohlene Tagesdosis

En 1977, la famille van Cutsem vend ses actions Triosol à la division Kali-Chemie AG du groupe Solvay. Le fondateur de Triosol est mort seize années auparavant, à l'âge de soixante-trois ans, et Jean-Marie van Cutsem est alors un des directeurs de l'entreprise. Il le restera d'ailleurs après la vente. L'entreprise occupe à cette période une cinquantaine de personnes, dont environ trente à la production et au conditionnement, douze à la vente et à l'information médicale, quatre à l'entretien et à la maintenance, et quatre au contrôle de qualité et au développement.

Plus tard, en 1993, Solvay créera Solvay-Pharma, en fusionnant différents sociétés pharmaceutiques, dont Triosol. Le nom restera néanmoins présent dans une division « Triosol Gastroentérologie » de Solvay-Pharma. *Ce n'est pas parce que l'on veut profiter du prestige de l'emblème Solvay que l'on abandonne pour autant des dénominations connues dans le monde médical*, écrira un journaliste à l'époque [13]. Solvay-Pharma sera vendue à son tour, en 2009-2010, à la société Abbott.

Aujourd'hui, les anciens bâtiments Triosol à Maisières existent toujours, mais ils ont été vendus par lots pour d'autres destinations que la production pharmaceutique.

7. Conclusion

L'arrivée des Laboratoires Triosol à Chastre, au delà de possibles considérations personnelles du chef d'entreprise, est en grande partie due à l'attractivité que représentaient à l'époque le chemin de fer et ses facilités. La présence de la gare a induit à une certaine époque, à Chastre et à sa voisine Perbais, une certaine effervescence industrielle et commerciale. Il n'en reste plus grand-chose aujourd'hui. Le « Castel d'Alerne » quant à lui, a laissé peu de trace sous ce nom à Chastre, où la population le connaît sous son ancienne appellation de « château Le Docte ». Le *château* lui-même a vécu. Il est aujourd'hui ruiné à la suite d'un incendie survenu le 2 octobre 1999 (Figure 11) [14]. Fin d'une époque.

Figure 11. Le « château Le Docte » en triste état depuis l'incendie de 1999. Chastre, rue de la Sucrerie, 26. Photo Paul Gouverneur, février 2011.

Portrait de Roger van Cutsem, par Marie-Thérèse Heyvaert. Huile sur toile, 1967. Coll. Jean-Marie van Cutsem. Tous droits réservés.

Le couple avait donné naissance à six enfants :

1. van Cutsem Thierry Louis Elvire Marie Joseph Ghislain, né à Berchem (Anvers) le 5 mars 1922
2. van Cutsem Monique Augustine Victorine Marie Joseph Ghislaine, née à Berchem (Anvers) le 5 mars 1922
3. van Cutsem Marie Christiane Paula Joséphine Ghislaine, née à Berchem (Anvers) le 23 février 1923
4. van Cutsem Anne Marie Augustine Joseph Antoinette, née à Gembloux le 22 août 1925
5. van Cutsem Philippe Marie Thérèse Germaine Joseph Antoine, né à Gembloux en 1927, décédé le 10 août 1933 à Namur, à l'âge de six ans
6. van Cutsem Jean-Marie Pierre Joseph Ghislain, né à Sauvenière le 12 septembre 1931.

Références

[1] La ligne SNCV 324-325 passant par Chastre allait de Jodoigne à Courcelles. Pour cette ligne, voir Gouverneur Paul : *A la recherche des lignes 324 et 325 du chemin de fer vicinal (capital 78) sur le territoire de Chastre*. 2009, Éd. du Chercha, Chastre, 51 pp.

[2] Gille Camille. *La sucrerie de Chastre*. Dans *La Mémoire de Chastre* n° 21, septembre 1995, pp. 1-2.

[3] Louis Boulet Liliane. *Perbais au fil du temps*. Sd. [1994], Perbais, 157 pp. ; Flahaut Michel, Cornette Jacqueline. *Une lignée de musiciens dans la famille Moisse de Perbais, Blanmont et Nil-Saint-Vincent*. Dans *La Mémoire de Chastre* n° 81, décembre 2010, pp. 4-17.

[4] Franck Louis (gouverneur). *Rapport de la Banque nationale de Belgique sur les opérations de 1936*. Bruxelles, 1937, 74 pp.

[5] *ibid*., p. 17.

[6] Il est difficile d'évaluer l'importance de cette somme à l'époque. Elle correspondrait approximativement à un montant de 17.000 euros actuels.

[7] Jacqumain Carol, Musick Arlette. Dans *Hesbaye liégeoise*. Centre d'Histoire de l'architecture et du bâtiment de l'U.C.L. (dir.), 1986, Mardaga, Liège, 219 pp. (*Histoire*, p. 60) ; *Cité du Sucre* - site de la Commune d'Oreye. (http://www.oreye.be/, 2011).

[8] Dubost P. C. *Voyage agricole en Belgique*. Dans Barral J.-A. (dir.) *Journal de l'agriculture*, Paris, juil.-sept. 1875, T. 3, pp. 51-55.

[9] En français, dans *De Postrijder der Provincie Limburg* du 9 octobre 1912 (et sans doute bien ailleurs).

[10] Feron Jacqueline. *Notre dernier chef de gare : Léon François*. Dans *Le Sauvenièroy*, Sauvenière, septembre 1988. Repris par Karwatka Michel, dans *Bienvenue à... Sauvenière*. http://users.skynet.be/sauveniere/Presentation/Portraits/LeonFrancois.htm ; 2011).

[11] Le Secours d'Hiver est une œuvre d'aide alimentaire et de santé, visant notamment la population scolaire. Créée à l'initiative de l'occupant en octobre 1940, elle fut néanmoins investie par nombre de Belges, qui s'y dévouèrent sincèrement.

[12] Lick Sprl - En Vaux, 85 - 4632 Cerexhe-Heuseux.

[13] Poncin Jacques. *Solvay fait de la pharmacie un gage de sa santé*. Le Soir, 25 septembre 1993, p. 4.

[14] Uytterhaeghe Marc. *Le « château » a brûlé*. Vers l'Avenir BW, 5 octobre 1999, p. 23. *In* Gille Camille. *Chastre dans les écrits*. 2000, Éd. du Chercha, T. 13, 96 pp. (pp. 76-77).

Pour vous faire membre de la SRC et accéder gratuitement à la revue Chimie Nouvelle :

il vous suffit de verser au compte 210-0420804-70 la somme indiquée dans le tableau ci-dessous :

Membres résidant en Belgique et au Luxembourg

Membres effectifs : **50 euros**

- participation gratuite ou à prix réduit à toutes les activités de la SRC
- abonnement gratuit à la revue "Chimie Nouvelle"
- accès gratuit à la bibliothèque de la SRC.

Membres associés : **25 euros**

- réservé, avec les mêmes avantages que les membres effectifs, aux jeunes diplômés du deuxième cycle pendant deux ans, aux professeurs de l'enseignement secondaire et aux retraités.

Membres Juniors : Gratuit

- réservé aux étudiants de dernière année du 2e cycle universitaire (2e master), des Ecoles d'Ingénieurs industriels et des graduats en Chimie et Biochimie avec les mêmes avantages que les membres effectifs.

Demandeurs d'emploi : **15 euros**

- mêmes avantages que les membres effectifs + insertion gratuite dans Chimie Nouvelle d'une annonce de demande d'emploi.

Membres résidant à l'étranger

Membres effectifs : **60 euros**

Membres associés : **35 euros**