

Un texte fondateur de Henri Sainte-Claire Deville relatif à l'aluminium : la note aux comptes rendus de l'Académie des sciences du 6 février 1854

par Jean Plateau,
administrateur de l'Institut pour l'histoire de l'aluminium & Ivan Grinberg,
secrétaire général

Les propriétés de l'aluminium, isolé pour la première fois par Wöhler en 1827, suscitent peu d'enthousiasme pour ce nouvel élément chimique. Il faut attendre 1854 pour que Henri Sainte-Claire Deville découvre les propriétés de l'aluminium qui lui ont assuré le développement qu'il connaît aujourd'hui. Il les fait connaître dans une courte note aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* du 6 février 1854. Voici comment il y décrit l'aluminium :

« On comprendra combien un métal blanc et inaltérable comme l'argent, qui ne noircit pas à l'air, qui est fusible, malléable, ductile et tenace, et qui présente la singulière propriété d'être plus léger que le verre, combien un pareil métal pourrait rendre de services s'il était possible de l'obtenir facilement. Si l'on considère, en outre, que ce métal existe en proportions considérables dans la nature, que son minerai est l'argile, on doit désirer qu'il devienne usuel. J'ai tout lieu d'espérer qu'il pourra en être ainsi car le chlorure d'aluminium est décomposé avec une facilité remarquable à une température élevée par les métaux communs, et une réaction de cette nature, que j'essaye en ce moment de réaliser sur une échelle plus grande qu'une simple expérience de laboratoire, résoudra la question au point de vue de la pratique. »

Ce texte montre le caractère visionnaire de la note de Sainte-Claire Deville. C'est la première fois que l'aluminium est évoqué autrement que comme une curiosité de laboratoire. S'affiche aussi la volonté de Sainte-Claire Deville de poursuivre les essais qui doivent conduire à la production industrielle d'aluminium. Il va leur consacrer pendant quelques années toute son énergie, avec une persévérance qui le conduira rapidement au succès. Voilà pourquoi la note aux Comptes rendus du 6 février 1854 est un texte fondateur : il marque le début de l'ère de l'aluminium.



Figure 1 : Premiers culots et lamelles d'aluminium
Laboratoire de chimie de l'École normale supérieure (mentions « Premier aluminium, 1855 » et « Aluminium 1855, H Ste-Claire Deville »)

L'ALUMINIUM DE WÖHLER ET CELUI DE SAINTE-CLAIRE DEVILLE

En 1854, l'aluminium n'est pas nouveau. Le minerai d'alumine (Al_2O_3), où il est très fortement lié à l'oxygène, n'est pas facile à décomposer. Davy (1808) n'y est pas parvenu en utilisant l'énergie de la pile de Volta¹ qui lui avait permis d'isoler le potassium et le sodium (1807)². C'est à Oersted (1825)³, alors professeur de physique à l'université de Copenhague, que revient l'idée qui va mener à la réussite : passer par l'intermédiaire du chlorure d'aluminium. Il prépare celui-ci par action du chlore sur un mélange d'alumine et de charbon « *au rouge sombre* ». Puis il essaie de le réduire par action de l'amalgame de potassium (alliage de celui-ci avec du mercure). Il calcine le produit obtenu. Il en résulte une poudre, sans doute d'aluminium, mais dont les particules sont si

¹ Voir [le texte Bibnum](#) correspondant, article de Volta de 1800 commenté par J.J. Samuéli.

² Humphrey Davy, « The Bakerian lecture, on some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, and the exhibition of the new substances which constitute their bases. Read Nov. 19, 1807 », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1808, 1, Londres, 1808, pp. 1-34.

³ Hans Christian Oersted. *Procès-verbal de la Société des sciences danoise* du 28 avril 1825 (d'après Louis Ferrand, *Histoire de la science et des techniques de l'aluminium et ses développements industriels*, Largentière, à compte d'auteur 1960, I, p.36)

fines ne peut déterminer ses propriétés. Avec les encouragements d'Oersted, qui a sans doute bien d'autres recherches en cours – c'est Wöhler, professeur de chimie à Berlin, qui poursuit dans cette voie, et qui réussit.

En 1827, Wöhler, alors âgé de 27 ans, parvient à réduire le chlorure d'aluminium par le potassium. Il obtient « *une poussière grise qui, examinée de près, particulièrement au soleil, paraît composée de petites paillettes métalliques [...]. C'est l'aluminium*⁴. » Wöhler en donne quelques propriétés, insiste sur son caractère métallique, décrit certains de ses composés. Cette découverte suscite peu d'intérêt ; on n'évoque aucun avenir pour l'aluminium. Même pas lorsque, en 1845 — dix-huit ans plus tard ! —, Wöhler, ayant par le même procédé obtenu des particules d'aluminium un peu plus grosses, en détermine la densité et constate sa grande malléabilité⁵.

Alors, pourquoi cette attitude nouvelle et cet optimisme de Sainte-Claire Deville ? C'est qu'il y a, dans les propriétés de « son » aluminium, des différences par rapport à celui de Wöhler, dont 2 sont essentielles :

-1 : « *l'eau bouillante ne le ternit pas* » (Sainte-Claire Deville 1854). Alors que pour Wöhler, « *l'aluminium ne s'oxyde pas dans l'eau à une température ordinaire [...]. Mais si l'on élève la température jusqu'à l'ébullition, le métal commence à dégager faiblement de l'hydrogène ; cet effet continue longtemps après le refroidissement, mais il cesse enfin entièrement.* » (Wöhler 1827) et de même « *à la température ordinaire, il ne décompose pas l'eau ; mais à 100°, il dégage déjà même sous cette forme compacte de l'hydrogène.* » (Wöhler 1845).

-2 : « *son point de fusion est peu différent du point de fusion de l'argent [...]. On peut le fondre et le couler à l'air sans qu'il s'oxyde sensiblement* » (Sainte-Claire Deville 1854). Alors que la poudre d'aluminium de Wöhler « *n'est point fusible à la température à laquelle la fonte entre en fusion* » (1827).

Les raisons de ces différences sont les suivantes : le métal de Sainte-Claire Deville est plus pur que celui de Wöhler. Celui-ci ignorait que son métal contenait du potassium résiduel, auquel était dû le comportement dans l'eau bouillante. Quant à la difficulté de la fusion, elle était probablement due à l'oxydation pendant le chauffage des particules très fines d'aluminium, transformant, avant sa température de fusion, tout le métal en alumine : au contraire, les globules

⁴ Friedrich Wöhler. « *Über das Aluminium* » *Poggendorff's Annalen*, 11, 1827, pp. 146-161. Traduction : « *Sur l'aluminium* », *Annales de Chimie et de Physique*, 1^{ère} série, 37, Crochard, Paris, 1828, pp. 66-80.

⁵ Friedrich Wöhler. « *Zur Kenntniss des Aluminiums* », *Annalen der Chemie und Pharmacie* (ou *Liebigs Annalen*), 1845, 53, pp.422-426. Traduction : Ch. et Al. Tissier. *L'aluminium et les métaux alcalins*, Paris Lacroix

d'aluminium obtenus par Sainte-Claire Deville ne s'oxydaient pas dans la masse et fondaient vers 660°C. On comprend que personne n'ait vu un possible intérêt pratique pour le métal de Wöhler attaqué par l'eau bouillante, et, de plus, difficile à fondre. On comprend aussi l'enthousiasme de Sainte-Claire Deville qui a constaté que l'aluminium est parfaitement inerte dans l'eau bouillante.

C'EST « PAR HASARD » QUE SAINTE-CLAIRE DEVILLE A OBTENU DE L'ALUMINIUM PUR

Sainte-Claire Deville ne dit pas clairement dans la note aux Comptes-rendus de février 1854 pourquoi il s'intéresse subitement à l'aluminium, et il décrit de façon sommaire la façon dont il a opéré :

En modifiant convenablement le procédé de M. Wöhler, on peut régler la décomposition du chlorure d'aluminium de manière à produire une incandescence suffisante pour voir les particules de ce métal s'agglomérer et se résoudre en globules. Si l'on prend la masse composée du métal et du chlorure de sodium (il vaut mieux employer le sodium), et si on la chauffe dans un creuset de porcelaine au rouge vif, l'excès du chlorure d'aluminium se dégage, et il reste une masse saline à réaction acide, au milieu de laquelle se trouvent des globules plus ou moins gros d'aluminium parfaitement pur.

C'est plus tard que l'on apprend, de Sainte-Claire Deville lui-même, pourquoi et comment il a obtenu du bon aluminium. Dans la préface de son livre *De l'aluminium*⁶, en 1859, on note avec intérêt et curiosité :

« J'avoue volontiers que j'ai possédé pendant plus d'un an dans mon laboratoire des quantités considérables, pour l'époque, de cette poudre grise, qu'il ne m'a été possible de réunir en un culot que par le plus grand hasard [...]. ».

De même, dans la note aux Comptes rendus du 6 novembre 1854, on relève

«[...] c'est le hasard qui m'a fait rencontrer le chlorure double d'aluminium et de sodium [...]» L'explication se trouve dans l'article que publie Sainte-Claire Deville dans les *Annales de chimie et de physique* de janvier 1855⁷.

et Baudry, Rouen, Lebrument, 1858, pp.108-114.

⁶ Henri Sainte-Claire Deville. *De l'aluminium. Ses propriétés, sa fabrication et ses applications*. Paris, Mallet-Bachelier. 1859, 176 pp.

⁷ Henri Sainte-Claire Deville. « Recherches sur les métaux et en particulier sur l'aluminium et sur une nouvelle forme de silicium », *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, 53, Paris, Victor Masson, 1855, pp. 5-36.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE CRITIQUE LA CLASSIFICATION DES METAUX DE THENARD

Dans ce texte, Sainte-Claire Deville s'intéresse d'abord à la classification des métaux. C'est un souci louable pour un jeune professeur qui, devant enseigner la chimie à l'École normale supérieure, s'est jusqu'alors consacré surtout à la chimie organique, avec une thèse sur l'essence de térébenthine, et à l'analyse de l'eau pour la ville de Besançon (il y était doyen de la Faculté des sciences). Il écrit :

« Les principes d'une classification naturelle des métaux ont jusqu'ici échappé aux efforts de tous les chimistes qui se sont occupés de cette question si importante et sur laquelle je crois devoir appeler l'attention.

Il faudrait trouver à chaque métal un caractère saillant, qui permît d'en conclure facilement les propriétés essentielles des corps simples qu'on doit grouper autour de lui, de manière que dans la famille ainsi constituée les affinités chimiques fondamentales, le mode des combinaisons analogues des divers composés possédassent un grand degré de similitude. A défaut de ce caractère, on peut successivement soumettre chaque métal à quelques réactions convenablement choisies, et classer d'après les résultats. C'est ainsi que M. Thenard, en déterminant la résistance qu'opposent à l'action combinée de l'oxygène ou de l'eau et de la chaleur tous les métaux connus, les a ordonnés par groupes bien compacts, dans lesquels la plupart des espèces se trouvent très rationnellement rapprochées, si bien que la classification de M. Thenard est universellement adoptée. [...] Cependant il existe un certain nombre de métaux, plus ou moins bien connus, dont la place reste indécise dans les sections adoptées par M. Thenard.

L'aluminium a été pris pour le type des métaux terreux, et placé sous ce titre dans une section spéciale, composée de corps simples dont les propriétés sont à peine connues, si bien que bon nombre d'entre eux pourraient n'être pas des métaux. En tous cas, la propriété caractéristique de décomposer l'eau à 100 degrés n'appartient ni à l'aluminium, ni au glucinium⁸ [...]. Je crois donc que cette section pourra bien être supprimée plus tard, si les expériences auxquelles j'ai fait allusion ne m'ont pas trompé. Pour le moment, je pense que l'aluminium doit être placé à côté du fer avec lequel il a la plus grande analogie, à condition que l'on éloigne du fer le manganèse, comme le font beaucoup d'auteurs, et le zinc, comme je le propose: alors, on aura un groupe très naturel, composé de l'aluminium, du chrome, du fer, du nickel, du cobalt. »

⁸ Ce corps est aujourd'hui appelé Béryllium (numéro atomique 4).



Figure 2 : Sainte-Claire Deville (au centre, mains ouvertes)
Peinture de Léon Lhermitte, 1890, Société française de chimie

UN ESSAI RATE DE FABRICATION DE SOUS CHLORURE D'ALUMINIUM PRODUIT DE L'ALUMINIUM PUR

C'est probablement pour confirmer la parenté du fer et de l'aluminium que Sainte-Claire Deville a cherché à montrer l'existence d'un sous-chlorure d'aluminium, comme il existe un sous-chlorure de fer. Et, pour ce faire, il a essayé la méthode la plus évidente : il a fait passer à chaud du chlorure d'aluminium sur de l'aluminium. Le résultat fut une heureuse surprise, comme on peut lire dans le même article des Annales de 1855 :

« Si l'on prend de l'aluminium préparé suivant les prescriptions de M. Wöhler, bien lavé et bien séché, si on l'introduit dans un tube de verre chauffé au rouge et préalablement rempli d'hydrogène, et si l'on fait passer sur le métal de la vapeur de chlorure d'aluminium, entraînée par un courant d'hydrogène, on voit bientôt distiller une matière huileuse qui se concrète à une température de 150 à 200 degrés : c'est du chlorure double d'aluminium et de sodium, que j'ai analysé. A la fin de l'expérience on trouve dans le tube une matière différant entièrement de l'aluminium spongieux. C'est un métal bien fondu, réuni en grosses gouttelettes, et il est alors absolument dénué de sodium. Cette expérience, que j'avais faite, au début de mon travail, en vue de produire un proto-chlorure d'aluminium, en m'éclairant sur les véritables propriétés du métal, m'a fourni un mode de purification et indiqué les conditions nécessaires pour l'obtenir avec toutes les qualités que j'ai énumérées plus haut. »

Et voilà quel est le hasard qui conduisit Sainte-Claire Deville sur le chemin de l'aluminium – un hasard que connaissent et méritent tous les chercheurs qui font beaucoup d'essais, mais qu'ils n'avouent pas toujours ! Il faut d'ailleurs noter qu'en plus d'aluminium pur, Sainte-Claire Deville a obtenu et identifié le chlorure double d'aluminium et de sodium ($\text{AlCl}_3, \text{NaCl}$). Alors que le chlorure d'aluminium, solide à la température ambiante, se sublime vers 200°C , le chlorure double, qui se forme facilement vers 200°C par action du chlorure d'aluminium sur le chlorure de sodium, est liquide à cette température et se solidifie au refroidissement. Entre 200°C environ et la température de fusion de l'aluminium, le chlorure double est liquide, alors que le chlorure simple est gazeux, et le premier est donc plus facile à utiliser. C'est pourquoi le chlorure double d'aluminium et de sodium, mis en évidence par Sainte-Claire Deville, jouera un rôle important dans le procédé de production de l'aluminium par voie chimique, ainsi que dans les premiers essais de production de ce métal par électrolyse ignée.

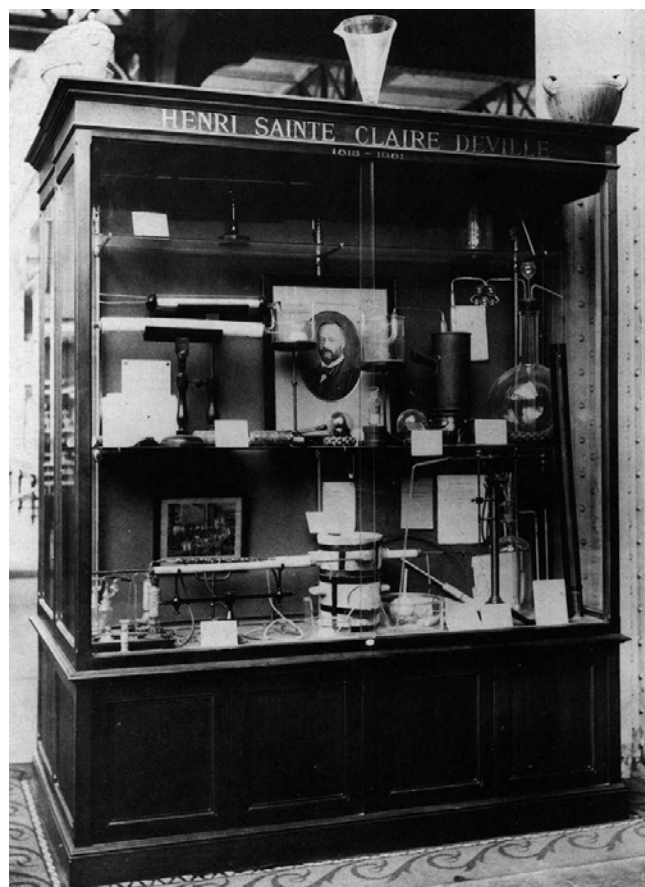


Figure 3 : Vitrine présentée à l'exposition universelle de 1900, consacrée à Sainte-Claire Deville_(École normale supérieure)

COMMENT SAINTE-CLAIRE DEVILLE PREPARE LE NOUVEAU METAL : PROCEDE CHIMIQUE, PROCEDE ELECTROLYTIQUE

A la suite de la communication du 6 février 1854 de Sainte-Claire Deville à l'Académie, celle-ci décida, sur la proposition de Thénard, de mettre à la disposition de Sainte-Claire Deville les fonds nécessaires à la poursuite de ses travaux. A peine plus de 6 mois plus tard, le 14 août, une nouvelle note⁹ de Sainte-Claire Deville témoigne du travail très important effectué et des résultats obtenus. Sainte-Claire Deville apporte la confirmation du potentiel de l'aluminium et des précisions sur la place qu'il faut lui donner dans la classification des métaux. Il montre que l'aluminium est très bon conducteur de l'électricité. Il pressent l'intérêt d'additions de cuivre à l'aluminium. Il découvre la fonte d'aluminium, alliage d'aluminium et de plus de 10% de silicium, et en étudie la structure. Enfin et surtout il décrit deux procédés de fabrication qu'il utilise, un procédé chimique et un procédé électrolytique.

Le procédé chimique – réduction du chlorure simple d'aluminium par un métal alcalin – est, dans son principe, le procédé de Wöhler, avec des conditions opératoires modifiées. Sainte-Claire Deville utilise comme agent réducteur le sodium au lieu du potassium. Il opère avec un excès de chlorure d'aluminium, pour bien consommer tout le sodium, et pour que l'aluminium produit nage dans le chlorure double d'aluminium et de sodium. Dans une deuxième opération, ce chlorure double contenant les particules d'aluminium est chauffé au rouge vif sous hydrogène. Il se volatilise à une température voisine du point de fusion de l'aluminium, et il reste un ou deux globules d'aluminium. Les globules ainsi obtenus peuvent enfin être rassemblés en un gros culot, par une nouvelle fusion en présence de chlorure double.

La deuxième méthode de préparation utilisée et décrite par Sainte-Claire Deville est un procédé d'électrolyse ignée, une décomposition « par la pile », dit-il. Le chlorure d'aluminium ne peut être utilisé comme électrolyte puisqu'il se sublime à basse température et c'est le chlorure double d'aluminium et de sodium qu'il utilise. Le même procédé est publié par le savant allemand Robert Bunsen quelques semaines avant Sainte-Claire Deville, sans que l'on sache lequel de ces deux savants a le premier effectué les essais.

⁹ Henri Sainte-Claire Deville. « Note sur deux procédés de préparation de l'aluminium et sur une nouvelle forme du silicium », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 39, Paris, 1854, séance du 14 août 1854, 1854, pp. 321-326.

LE PROCÉDE CHIMIQUE INDUSTRIALISÉ

Le procédé électrolytique est, à l'époque, très coûteux, l'énergie électrique nécessaire étant fournie par des piles au zinc. C'est le procédé chimique que va développer industriellement Sainte-Claire Deville. Après diverses tentatives dans la région parisienne, c'est à Salindres, dans le Gard, que sera implantée la production d'aluminium en 1860. Elle sera à peu près la seule au monde jusqu'à sa disparition en 1889 et représente au total une quarantaine de tonnes. Le prix de vente du métal, à l'époque au prix élevé de 100 F le kg, n'en permet pas une consommation importante.

EPILOGUE

En 1871, Gramme invente la dynamo qui va permettre, progressivement, la production économique et abondante d'énergie électrique. En 1878, Paul Hérault, âgé de 15 ans, lit le livre de Sainte-Claire Deville qui déchaîne en lui une passion pour l'aluminium et pour sa préparation par électrolyse. En 1886, il dépose en France le brevet de base du procédé électrolytique universellement utilisé aujourd'hui, un peu avant Charles Martin Hall, qui dépose à peu près le même brevet aux Etats-Unis. La diminution du coût du métal produit par électrolyse condamne la production chimique de Salindres (Gard), qui prend fin en 1889. Elle permet un développement des applications d'autant plus rapide que les quantités d'aluminium produit par voie chimique pendant trente ans avaient permis de tester un grand nombre de propriétés du métal.¹⁰

¹⁰ Voir J. Plateau. « Ce que l'aluminium doit à Henri Sainte-Claire Deville » *Cahiers d'histoire de l'aluminium* 32-33, Paris, 2004.

24. J'envoie 1.015^g d'aluminium pour M. Gordon.
 Il que je l'envoie est meilleur que celui qui a
 servi à la fabrication du fer tant & de l'acier.
 Lequel n'est peut-être pas qu'il peut contenir encore
 quelques Centièmes ou au moins quelques Millième de
 Fer, sans compter les impuretés habituelles, fer
 silicium & un peu de phosphore. — J'en ai fait essayer, il
 se travaille à merveille & si l'on ne craint pas à souder,
 ce sera bien certainement la faute des ouvriers. J'en ai
 tout cela pour que tu le répètes — l'affaire de la purifi-
 cation de l'aluminium est avancée; elle est par-
 fait. — Car, il ne faut pas se le dissimuler l'aluminium
 parfaitement pur que j'ai eu dans mes premières expériences
 ne ressemble pas à celui qui est obtenu industriellement
 aujourd'hui. — C'est à une affaire à laquelle les
 capitaux seuls ne suffisent pas. Il faut du outillage
 temps et de la patience. —

Figure 4 : Fac-similé d'une lettre de Sainte-Claire Deville à son ami Louis Le Chatelier (1857).

Louis Le Chatelier (1815-1873) était un ingénieur des mines qui a participé à l'extraction de l'alumine, et père du chimiste Henry Le Chatelier (1850-1936)