

Quand l'aluminium était un métal rare

par Catherine PAQUOT
Professeur de sciences physiques
IUFM - 10, rue de Molitor - 75016 Paris
paquot@paris.iufm.fr

RÉSUMÉ

Alors que le fer, l'or et d'autres métaux sont connus depuis la préhistoire, les premiers pas de l'aluminium datent de la seconde moitié du siècle dernier. Henri Sainte-Claire Deville est le premier à mettre au point un début de fabrication industrielle mais ce métal est cher car l'électricité n'a pas encore fait les progrès nécessaires pour obtenir l'aluminium par voie électrolytique, il est donc rare et précieux.

Le 6 février 1854, Henri Sainte-Claire Deville (1818-1881) communique à l'Académie des Sciences le résultat de ses travaux sur la préparation de l'aluminium à partir du sodium et du chlorure d'aluminium [1]. Quatre savants depuis le début du XIX^e siècle se sont intéressés à l'obtention de ce métal.

1. LES PRÉCURSEURS

Avec la pile de Volta dont on célébrera le bicentenaire en septembre 1999, la chimie fait, au début du XIX^e siècle de grands progrès, de nombreux corps sont découverts grâce aux électrolyses.

En 1808, Humphrey Davy (1778-1829) obtient, à partir de divers oxydes, des écailles¹ d'aluminium qui s'oxydent à l'air [2].

Il faut attendre 1825 pour qu'un amalgame d'aluminium soit préparé à partir de chlorure d'aluminium anhydre et d'amalgame de potassium [3] par Hans-Christian Oersted (1777-1851), plus connu pour la découverte de l'effet magnétique du courant électrique.

1. L'aluminium obtenu se détache de l'électrode par parcelles, comparables à des écailles.



Henri SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1818-1881) vers 1870-1875
(Paris, École Normale Supérieure, Bibliothèque. Photo Antenne graphique, 1992).

En 1827, c'est Friedrich Wohler (1800-1882) qui reprend les travaux d'Oersted et remplace l'amalgame de potassium par du potassium, il produit ainsi une poudre grise d'aluminium [4].

Enfin, Robert-Guillaume Bunsen (1811-1899) fait publier le 9 juillet 1854 dans les *Annales de Poggendorf* un procédé d'obtention de l'aluminium par électrolyse du chlorure double d'aluminium et de sodium [5].

2. L'OBTENTION DE L'ALUMINIUM PAR HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE

Henri Sainte-Claire Deville utilise les deux procédés d'obtention de l'aluminium [6] : l'obtention par voie chimique, dans la lignée des travaux d'Oersted et de Wohler, ce sera le procédé industriel de cette époque et l'obtention par voie électrolytique comme Bunsen, l'électrometallurgie se développera, à partir de 1886, grâce aux générateurs de courant continu qui permettent d'obtenir une forte intensité. Paul Héroult² (1863-1914) et Charles Hall³ (1863-1914) en seront les propagandistes.

Il faut déjà mettre au point un moyen d'obtention du sodium et du chlorure d'aluminium.

Henri Sainte-Claire Deville mélange 30 kg de carbonate de soude⁴, 13 kg de houille de Charleroi qui agit comme réducteur et 5 kg de craie de Meudon, il calcine le tout, le sodium coule dans une cuve pleine d'huile à 150°C, le sodium obtenu est moulable.

L'étape suivante est l'obtention du chlorure d'aluminium. Henri Sainte-Claire Deville prépare une pâte constituée avec 5 kg d'alumine, 2 kg de charbon et un peu d'huile, il la porte au rouge vif et fait passer un courant de chlore sec, le chlorure d'aluminium se condense en cristaux incolores et transparents [7].

Chimiquement, Henri Sainte-Claire Deville met 200 à 300 g de chlorure d'aluminium et quelques grammes de sodium sec en présence, puis il fait passer un courant d'hydrogène sec et il chauffe de manière à obtenir du chlorure de sodium et du chlorure double d'aluminium et de sodium. L'ensemble est mis dans une nacelle de porcelaine en présence d'hydrogène sec, enfin, Henri Sainte-Claire Deville effectue une distilla-

-
2. Inventeur français du procédé électrolytique d'obtention de l'aluminium industriel.
 3. Inventeur américain du procédé électrolytique d'obtention de l'aluminium industriel, indépendamment de Héroult.
 4. Terme impropre, il s'agit du carbonate de sodium.

tion et obtient des globules d'aluminium, il les lave à l'eau puis les réchauffe afin d'obtenir un lingot d'aluminium [8].

Pour l'obtention, par voie électrolytique, Henri Sainte-Claire Deville utilise comme électrolyte, du chlorure d'aluminium et du chlorure de sodium contenus dans un creuset de porcelaine chauffé à 200°C et comme électrodes, une lame de platine reliée à la borne négative sur laquelle se dépose l'aluminium, un cylindre de charbon placé dans un vase poreux relié à la borne positive, un dégagement de chlore se produit à cette électrode. Henri Sainte-Claire Deville traite la matière brute obtenue à l'électrode négative [9].

Henri Sainte-Claire Deville avait commencé par croire que l'obtention par voie électrolytique était impossible, il reconnaît :

«...Il m'a paru jusqu'ici impossible d'obtenir l'aluminium par la pile dans les liqueurs aqueuses. Je croirais même à cette impossibilité d'une manière absolue, si les expériences brillantes de M. Bunsen sur la production du barium⁵, du chrome, du manganèse, n'ébranlaient ma conviction...» [10].

Pendant le même temps, Heinrich Rose (1778-1873) effectue des opérations de réduction sur la cryolithe, fluorure double d'aluminium et de sodium, trouvé au Groenland.

Le 10 décembre 1855, Henri Sainte-Claire Deville écrit :

«...Je dois à la complaisance de M. Hoffmann⁶ et de M. H. Rose quelques kilogrammes de cette substance⁷ sur laquelle j'ai fait un certain nombre de recherches...» [11].

Henri Sainte-Claire Deville modifie son procédé d'obtention par voie électrolytique, il mélange 400 g de cryolithe, 200 g de chlorure de sodium auquel il ajoute 200 g de fluorure de calcium du duché de Bade et 75 à 80 g de sodium à la température de 200°C, il constate :

«...La cryolithe est d'un emploi commode comme fondant à ajouter au lit de fusion qui produit l'aluminium métallique...» [12].

5. Écriture de l'époque.

6. August Hoffmann (1818-1892)

7. Il s'agit de la cryolithe, fluorure double de sodium et d'aluminium.

Henri Sainte-Claire Deville souhaite la mise au point de procédés utilisables dans l'industrie et c'est d'un accent divinatoire qu'il dit :

«...On doit désirer que l'aluminium soit tôt ou tard introduit dans l'industrie. Il suffira, sans doute, de modifier fort peu les procédés que j'ai décrits pour les rendre applicables à la production économique de l'aluminium...» [13].

3. LES PROPRIÉTÉS

En 1858, Henri Sainte-Claire Deville fait paraître un ouvrage sur l'aluminium, il en envoie un à Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) avec le mot suivant :

«...Voici un exemplaire de mon petit livre, que je vous prie de bien vouloir offrir à l'Académie de ma part... Il y a eu près de 1 500 kg d'aluminium livré au public sous toutes ses formes...
...Mais quatre ans d'existence pour une métallurgie nouvelle, c'est bien peu...» [14].

Dans le premier chapitre, Henri Sainte-Claire Deville décrit les propriétés physiques de l'aluminium appelé encore «l'argent de l'argile» [15]. Il présente successivement les différentes propriétés en insistant, avec raison, sur le degré de pureté de l'aluminium utilisé dans les expériences.

Tout d'abord la couleur, qui, d'après, M. Enfert, contrôleur des médailles à la monnaie de Paris, est identique à celle de l'argent.

On peut polir et brunir l'aluminium. On obtient aussi un aluminium mat après l'avoir plongé dans une solution d'hydroxyde de sodium très diluée puis dans l'eau, enfin dans de l'acide nitrique concentré. Cet aluminium est utilisé pour la reproduction d'objets d'art.

L'aluminium n'a ni odeur, ni saveur.

Il possède des propriétés mécaniques intéressantes : la malléabilité, la ductilité, l'élasticité et la ténacité de l'argent, la dureté de l'argent après coulage et celle du fer après écrouissage.

Henri Sainte-Claire Deville parle ensuite des qualités sonores du lingot d'aluminium et rappelle la fabrication des diapasons par Jules Lissajous (1822-1880), celle de la cloche, demandée par Pierre Barlow (1776-1862), vice-président et secrétaire de la royal Society qui «donnait un son aigu d'une intensité considérable» [16].

A propos de la densité, Henri Sainte-Claire Deville fait la comparaison avec d'autres métaux, en particulier avec l'argent, et conclut que l'aluminium est moins cher que l'argent puisque plus de quatre fois plus léger.

L'aluminium est très fusible, on peut opérer dans des creusets ordinaires sans fondant, la coulabilité permet le moulage, même pour les objets de formes complexes.

Enfin, Henri Sainte-Claire Deville décrit les expériences concernant les conductibilités électrique et thermique.

Pour la conductibilité électrique, Henri Sainte-Claire Deville utilise un pont de Wheatstone (1802-1875), d'après ses expériences, l'aluminium a une résistivité huit fois plus petite que celle du fer.

Pour la conductibilité thermique, il travaille avec Faraday (1791-1867) dans le laboratoire de ce dernier, lors de son voyage à Londres, l'aluminium conduit mieux la chaleur que l'argent et que le cuivre.

Dans le second chapitre, Henri Sainte-Claire Deville traite des propriétés chimiques après avoir précisé qu'il utilise des échantillons de grande pureté.

Il étudie, d'abord, l'action de l'air sec et humide sur l'aluminium, celle-ci est nulle.

L'eau, à température ordinaire, à ébullition et même à l'état vapeur, est sans action sur l'aluminium.

Seul, l'acide chlorhydrique dilué ou concentré et à froid réagit bien avec l'aluminium ; l'acide nitrique bouillant a, lui aussi, une action sur l'aluminium. Le vinaigre et le vin sont sans action.

Pour l'application à la confection des vases culinaires, l'action d'un mélange vinaigre et sel a été utilisée, elle est très lente, «l'aluminium peut être considéré comme un métal d'une innocuité absolue» [17].

Les solutions d'hydroxydes de sodium ou de potassium réagissent vivement avec dégagement d'hydrogène.

Le cuivrage, l'argenture et la dorure s'effectuent par électrolyse.

Enfin, Henri Sainte-Claire Deville constate que la sueur et la salive n'ont pas «d'action sensible sur l'aluminium» [18], il en conclut :

«...J'admets volontiers que rien ne s'opposera à l'emploi de l'aluminium pour la construction des appareils de chirurgie, destinés à être placés à demeure...» [19].

4. L'ASPECT ÉCONOMIQUE

L'aspect économique de cette découverte n'échappe pas à Henri Sainte-Claire Deville :

«...Je ne doute pas, en effet, aujourd'hui que l'aluminium ne devienne tôt ou tard un métal usuel...» [20].

Encouragé par le Commandant Favé (1812-1894), officier d'ordonnance de l'Empereur et professeur à l'École Polytechnique, Henri Sainte-Claire Deville entreprend des expériences, à l'échelle semi-industrielle, dans un hangar de l'usine de Javel⁸ aux frais de l'Empereur durant quatre mois [21]. Ce qui permet de lire dans «Visite à l'Exposition Universelle de Paris», en 1855 :

«...L'argent ne fait pas défaut à Monsieur Deville, un auguste personnage y a pourvu...» [22].

Dumas présente à l'Académie des Sciences, le 18 juin 1855, le premier lingot d'aluminium obtenu à l'usine de Javel [23].

Les frères Tissier travaillent dans cette usine puis ils la quittent en mauvais termes avec le Directeur Monsieur de Sussex ; ce dernier obtient une médaille de première classe par la commission des arts chimiques placée sous la présidence de Dumas, lors de l'Exposition Universelle de 1855.

Les frères Tissier sont alors hébergés par Henri Sainte-Claire Deville au laboratoire de l'École Normale. Ils prennent un brevet sur le nouveau procédé de fabrication du sodium [24] et un sur la fabrication du chlorure d'aluminium. Quant à Henri Sainte-Claire Deville, il ne prendra aucun brevet. Peu après, les frères Tissier se retrouvent directeurs de l'usine d'Amfreville-la-mi-voie près de Rouen [25] qui ferme au printemps 1856. Dans un ouvrage paru en 1858, Charles et Alexandre Tissier tentent de minimiser les travaux de Henri Sainte-Claire Deville alors que celui-ci les a toujours aidés [26].

8. Actuel quai de Javel, situé à Paris.

Au début de 1856, avec Henri Debray (1827-1888), Paul Morin et les frères Rousseau, de nouvelles expériences sont réalisées à la fabrique de la Glacière⁹ qui doit fermer pour cause de nuisance [27]. Cette même année, les frères Rousseau et Morin prennent deux brevets français et deux brevets anglais [28].

Le 13 octobre 1856, Dumas présente plusieurs kilogrammes d'aluminium lors de la séance hebdomadaire de l'Académie des Sciences [29].

En juin 1857, une société en commandite¹⁰, Paul Morin et Cie, naît entre Morin, Henri Sainte-Claire Deville, Émile et Jean Rousseau et Debray [30]. C'est Louis Le Chatelier (1815-1873), le père d'Henri Le Chatelier¹¹ (1850-1936), qui s'occupe des questions pratiques et qui, par ses relations au Crédit Mobilier, permet l'installation d'une usine à Nanterre¹² durant l'été 1857. L'aluminium obtenu dans cette usine a une pureté de 97 %.

Dans une lettre datée du 4 décembre 1857, Henri Sainte-Claire Deville donne un prix de revient de 175 F¹³ pour un kilogramme d'aluminium auquel il faut ajouter 40 F de frais généraux [31].

Dès juillet 1860, la société Henri Merle et Cie commence à produire de l'aluminium à Salindres¹⁴, le prix de revient est moins élevé qu'à Nanterre. La production est de 742 kg entre Nanterre et Salindres en 1861.

De nombreux objets sont fabriqués. Louis Le Chatelier présente un sextant en aluminium à l'Académie des Sciences. Napoléon III commande 283 aigles impériaux fondus d'une seule pièce de 20 cm de hauteur, de 23,5 cm d'envergure, de masse 900 g, dus au sculpteur Désiré Albert Barre (1818-1878), chaque aigle revient à 300 F [32]. Morin expérimente «un plat à cuire les œufs» [33]. Lissajous construit des diapasons [34]. Christofle (1805-1863) utilise les bronzes d'aluminium et le fondeur Barbedienne (1810-1892) produit le buste de Molière [35].

9. Située dans le quartier de la Glacière, à Paris, actuellement 13^{ème} arrondissement.

10. Société constituée de deux sortes d'associés : les uns tenus des dettes sociales, les autres tenus dans la limite de leur apport.

11. Chimiste français. Il a, entre autre, établi les lois de déplacement des équilibres physico-chimiques.

12. Commune de la banlieue parisienne.

13. En 1851, Henri Sainte-Claire Deville reçoit 1800F pour l'entretien annuel de son laboratoire

14. Commune du Gard.



Aigle impérial en aluminium ciselé.
Modèle original 1860 pour les Aigles régimentaires,
en 1/2 grandeur, non doré.
Sur le caisson, également en aluminium, est gravée
une Ode en l'honneur de Sainte-Claire Deville,
inventeur de l'aluminium. Montée par l'Empereur
Napoléon III sur un socle de marbre blanc.
(Auguste Barre, sculpteur ; Marion fabricant).
(Salon de Provence, Musée de l'Empéri).

En 1864, la Société d'encouragement pour l'industrialisation décerne une médaille d'or pour les procédés de fabrication de l'aluminium et du bronze d'aluminium à Henri Sainte-Claire Deville et à Debray. Le 31 mars 1864, Henri Sainte-Claire Deville fait part de son mécontentement puisqu'il n'est pas seul à recevoir la médaille d'or :

«...Je reçois à l'instant la communication ci-jointe qui m'étonne et me peine extrêmement. La Société d'encouragement me donne un collaborateur pour l'aluminium, c'est faux ou incomplètement vrai. Je n'en ai aucun en ce qui concerne mes travaux et publications scientifiques, j'en ai beaucoup s'il s'agit de la fabrication industrielle... Je ne vous cache pas que l'aluminium m'a enlevé la plus claire partie de mon patrimoine...» [36].

En 1867, à l'Exposition Universelle de Paris, Morin obtient une médaille d'or pour des objets en aluminium et en bronze d'aluminium dans la classe 40 [37].

La société Paul Morin et Cie est dissoute en décembre 1869, Morin se retire et la SA «L'aluminium» est constituée le 9 avril 1870 [38]. De même, la société Henri Merle et Cie est devenue la SAR Péchiney et Cie. Les deux sociétés se lient le 4 juillet 1879. La production, en 1882 est de 2 350 kg.

Avant 1885, en Europe, seuls les Anglais se sont intéressés à l'obtention de l'aluminium.

5. LA NOTORIÉTÉ

Dès l'annonce de cette découverte, Louis Thénard (1777-1857) demande des fonds pour Henri Sainte-Claire Deville afin d'activer les recherches [39]. Thénard, Théophile Pelouze (1807-1867), Auguste De La Rive (1801-1873), Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887), Eugène Péligot (1812-1890) et Henri Regnault (1810-1878) viennent voir les expériences sur l'obtention de l'aluminium à l'École Normale en mars 1854. Antoine Balard (1802-1876), à la Sorbonne et Edmond Frémy (1814-1894) à l'École Polytechnique les refont en public [40]. Napoléon III donne 25 000 F sur sa cassette personnelle car le premier kilogramme d'aluminium obtenu en 1854 coûte 30 000 F alors qu'à la mort d'Henri Sainte-Claire Deville, en 1881, le kilogramme ne coûtera que 100 F [41].

A l'exposition Universelle de Paris, d'avril à septembre 1855, des échantillons de sodium, de chlorure d'aluminium et un lingot d'aluminium sont exposés dans la rotonde du Panorama [42]. Plus de cinq millions de visiteurs ont pu admirer le nouveau métal. De nombreux savants comme Michael Faraday (1791-1867), Wohler, Justus Von Liebig (1803-1873) viennent à Paris lors de cette manifestation et rencontrent Henri Sainte-Claire Deville, des médailles, en aluminium sont frappées.

A côté de ce nouveau métal, des métaux comme le fer, l'or et l'argent sont utilisés depuis l'Antiquité. En architecture, le fer et la fonte sont intégrés et deviennent des éléments décoratifs. Henri Labrouste (1801-1875)¹⁵ emploie les colonnes de fonte dans la salle de lecture de la Bibliothèque Nationale (1854-1857). A la gare du Nord (1861-1865), Jacques Ignace Hittorff (1792-1867)¹⁶ utilise, lui aussi, de fines colonnes de fonte. Lors de l'exposition universelle de 1867, c'est un palais en fer et en verre qui accueille les visiteurs. L'installation de ce site a nécessité 12 000 tonnes de fer forgé et tôles, 1 200 tonnes de fontes ouvrées et 55 000 m de zinc [43]. En même temps, les procédés d'obtention évoluent : Henry Bessemer (1813-1898)¹⁷ reçoit le grand prix dans le groupe V, classe 40 pour la fabrication de l'acier, à l'exposition de 1867 [44]. En 1870, la production mondiale d'acier est de 100 millions de tonnes [45]. Quant à l'or et l'argent, ils sont employés pour la bijouterie, la joaillerie et l'orfèvrerie. En 1866, en France, 17 tonnes d'or et 89 tonnes d'argent sont entrés dans la confection d'objets précieux [45]. De nos jours, l'aluminium est le premier des métaux non ferreux. Il est un matériau utilisé, lui aussi, dans les réalisations architecturales et pratiquement plus comme métal précieux.

15. Architecte français.

16. Architecte français.

17. Ingénieur anglais.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *C.R. Acad. Sc.*, 1854, 38, p. 279.
- [2] H. DAVY, Electrochemical researches on the composition of the earths, *Phil. Transactions*, 1808, 98, pp. 346-353.
- [3] L. FERRAND, *Histoire de la Science et des techniques de l'aluminium et de ses développements industriels*, 1960, Paris, tome 1, p. 22.
- [4] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *De l'aluminium, ses propriétés, sa fabrication et ses applications*, Paris, 1859, Mallet-Bachelier, p. 3.
- [5] R. BUNSEN, Über die elektrolytische Gewinnung der Erd und Alkalimetalle, *Annales de Poggendorf*, 1854, 92, pp. 648-651.
- [6] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Manuscrit, École Normale Supérieure, sans cote.
- [7] Voir [4], p. 60.
- [8] Voir [4], p. 85.
- [9] Voir [4], p. 94.
- [10] Voir [4], p. 91.
- [11] Archives de l'Académie des Sciences, Pochette de séance 10 décembre 1855, notes manuscrites.
- [12] Voir [4], p. 105.
- [13] Voir [4], p. 2.
- [14] Lettre du 29 juin 1859 envoyée par Foucault à H. Sainte-Claire Deville, conservée à l'École Normale Supérieure.
- [15] Voir [3], p. 77.
- [16] Voir [4], p. 14.
- [17] Voir [4], p. 32.
- [18] Voir [4], p. 39.
- [19] Voir [4], p. 40.
- [20] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Mémoire sur la fabrication du sodium et de l'aluminium, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, 46, p. 416.
- [21] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *C.R. Acad. Sc.*, 1855, 40, p. 1296.
- [22] *Visite de l'Exposition Universelle de Paris*, Hachette, 1855, p. 468.
- [23] J.-B. DUMAS, *C.R. Acad. Sc.*, 1855, 40, p. 1296.
- [24] C. et A. TISSIER, Nouveau procédé de fabrication du sodium, Brevet français n° 13.325 du 7 juillet 1855.
- [25] Voir [4], p. 7.

- [26] C. et A. TISSIER, *L'aluminium et les métaux alcalins*, Paris, Rouen, 1858, Lacroix et Baudry édit., 215 p.
- [27] Voir [4], p. 8.
- [28] ROUSSEAU FRÈRES, P. MORIN,
– Procédé nouveau pour la préparation directe du chlorure double d'aluminium et de sodium, Brevet français n° 15.480 du 21 avril 1856, et Brit. Patent n° 1194 du 20 mai 1856.
– Nouveau procédé pour la réduction de l'aluminium, Brevet français n° 16.266 du 28 juillet 1856, et Brit. Patent n° 1810 du 31 juillet 1856.
- [29] J.-B. DUMAS, *C.R. Acad. Sc.*, 1856, 43, p. 712.
- [30] Acte notarié du 13 juin 1857, Archives départementales de la Seine, n° 1780 du 20 juin 1857.
- [31] *Revue de l'aluminium*, 1. , avril-mai 1924, pages roses : bulletin bibliographique.
- [32] *Revue de l'aluminium*, 163., février 1950, p. 50.
- [33] Voir [4], p. 147.
- [34] Voir [4], p. 14.
- [35] *Revue de l'aluminium*, 7., avril-mai-juin 1925, p. 106.
- [36] Lettre du 31 mars 1864 envoyée par H. Sainte-Claire Deville à la Société d'Encouragement pour l'industrialisation, conservée aux archives de l'Académie des Sciences.
- [37] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *C.R. Acad. Sc.*, 1865, 60, p. 1330.
- [38] Archives départementales n° 31U³, 1870, n° 968.
- [39] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *C.R. Acad. Sc.*, 1854, 38, p. 281.
- [40] H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *C.R. Acad. Sc.*, 1854, 39, p. 535.
- [41] H. DEBRAY, Œuvre de Henri Sainte-Claire Deville, *Revue scientifique de la France et de l'étranger*, Paris, 7 janvier 1882, n° 1, p. 4.
- [42] J. ARNOUX, *Le travail universel*, Paris, 1856, tome 1, p. 505.
- [43] P. AYMARD-BRESSON, *Histoire générale de l'exposition de 1867*, Paris, 1868.
- [44] Liste générale des récompenses décernées par le jury international, Paris, 1867, p. 301.
- [45] P. AYMARD-BRESSON, *Histoire générale de l'exposition de 1867*, Paris, 1868, p. 789.