



HAL
open science

MENACES SUR L'ALIMENTATION

Florence Hachez-Leroy

► **To cite this version:**

Florence Hachez-Leroy. MENACES SUR L'ALIMENTATION: Emballages, colorants et autres contaminants alimentaires, XIXe XXe siècles. Presses universitaires François-Rabelais de Tours. , 2019, Tables des hommes, Martin Bruegel, 978-2-86906-716-5. hal-04392483

HAL Id: hal-04392483

<https://hal.science/hal-04392483>

Submitted on 13 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

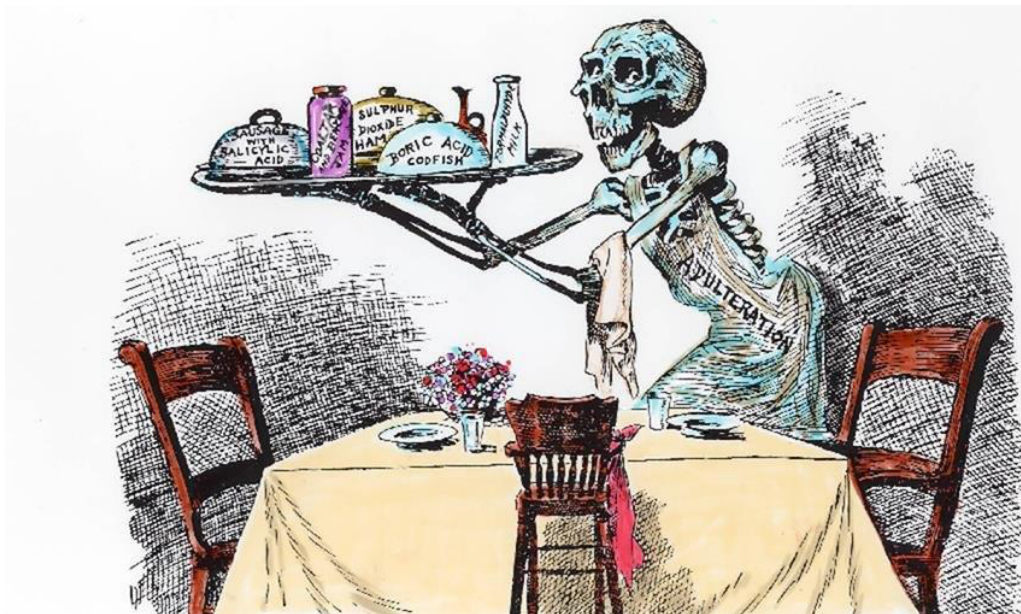
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

MENACES SUR L'ALIMENTATION

Emballages, colorants et autres contaminants alimentaires, XIX^e XX^e

Florence Hachez-Leroy



Collection Table des hommes, PUR/PUFR

Mention spéciale du Prix Crédit agricole Histoire des entreprises, 2016

Table des matières

INTRODUCTION	7
I. Les métaux et l'innocuité alimentaire, du siècle des Lumières à la Première Guerre mondiale	15
1. La toxicologie des métaux	17
Encadré. Mathieu Orfila	17
1.1. Les métaux « de cuisine » dans la chimie élémentaire	17
Le premier des métaux terreux : l'aluminium	18
Un peu moins blanc que l'argent : le nickel	21
Les conseils pour l'usage quotidien	22
1.2. La recherche médicale et l'ambivalence des métaux	23
Soigner avec l'alun	23
Encadré. L'alun	24
... le manganèse ou le fer	25
La guerre du cuivre	27
Encadré : La guerre du cuivre entre pastoriens et des anti-pastoriens	29
2. L'aluminium ou le surgissement d'un nouveau matériau en 1854	31
2.1. L'apport de la physiologie végétale	32
2.2. L'appropriation par la médecine et la pharmacopée	35
2.3. Le doute comme moteur de la connaissance du métal	38
Le débat sur la nature de l'aluminium : un pas de deux relayé au jour le jour	38
La matérialisation de l'aluminium via Sainte-Claire Deville	40
L'innocuité au centre des débats	42
Du « métal noble » à la « brillante inutilité »	44
Les liens tissés avec le Nouveau monde	47
Encadré : Aluminium ou aluminum ?	48
3. Le rôle des pouvoirs publics et l'arsenal législatif : le cas français	52
3.1. La couleur dans les emballages et les aliments	55
Du principe de précaution entre 1856 et 1889	55
Vers l'assouplissement sous pressions des années 1889-1890	57
Réutilisation et pressions industrielles	59
3.2. Les récipients culinaires	61

3.3. Boîtes de conserves	64
Le soudage au plomb.....	64
Le cuivre sous forme d'additif	66
3.4. Les décrets de 1912 et l'attention internationale.....	67
Conclusion	70

II. Les batailles pour la régulation alimentaire en Occident de la fin du XIX^e aux années 1930

1. Quelle régulation alimentaire ?.....	74
1.1 L'additif alimentaire, un objet urgent à réguler.....	75
Des objectifs plus ou moins futiles	75
Encadré. Les additifs alimentaires.....	75
Nécessité ou falsification ?.....	78
1.2. La régulation en Europe	79
Je ne vois pas pourquoi un épicier devrait me droguer	79
Encadré. Le lobby du borax.....	81
Le Bureau impérial pour la santé à Berlin.....	82
La régulation, moteur de la recherche.....	83
1.3. Le processus de régulation aux États-Unis.....	85
2. Le métal bon marché en proie à la suspicion.....	87
2.1. La crise allemande de 1891	88
L'origine de la polémique	88
Répercussions médiatiques	90
2.2. La recherche s'enracine	93
Encadré. Henri Moissan : un futur prix Nobel se penche sur l'aluminium.....	95
2.3. La crise de 1898-1899 et le retour sur l'expédition de Madagascar.....	97
L'hypothèse d'Alfred Ditte	97
La réponse d'Henri Moissan	100
Le relais immédiat par la presse et la réaction de l'industriel.....	103
L'hygiène militaire et l'aluminium	105
3. La crise de la levure chimique, moteur de la recherche américaine.....	107
3.1. Le Remsen board	107
La 1 ^e étude des effets de l'aluminium sur les humains	107
Encadré. Le Remsen board.....	107
Un aiguillon pour des recherches contradictoires à l'université de Columbia.....	109
3.2. La réponse des producteurs de levure chimique.....	110
Ernest Ellsworth Smith, ardent défenseur de l'aluminium	110
H. W. Wiley, grand pourfendeur de l'aluminium	114
3.3. La controverse gagne l'espace public.....	117
3.4. Les réactions des producteurs de métal	119

Le Mellon Institute of Industrial Research.....	120
4. la controverse anglaise des années 1930	123
4.1. <i>The Danger of Contamination by Aluminium</i>	124
4.2. Le Dr J. H. Burn, porte-voix des industriels.....	126
La consommation de composés d'aluminium est nocive.....	127
Globalement, l'aluminium dans l'alimentation est inoffensif.....	128
Des conclusions assez suspectes	131
4.3. La controverse est solidement installée	133
5. La quiétude française.....	137
5.1. Auguste Trillat, une figure emblématique positive	137
Chef du Service des recherches appliquées à l'Hygiène à l'institut Pasteur.....	138
Une recherche cloisonnée.....	139
Chimiste-conseil auprès des entreprises.....	141
5.2. L'institut Pasteur et l'industrie	143
Des rapports à l'industrie ambigus.....	144
L'industrie de l'aluminium et Trillat.....	145
5.3. L'influence française au sein du Bureau de l'aluminium.....	147
III. La régulation des apprentis sorciers : Emballages, additifs et contaminants alimentaires, de la fin des années 1930 à la fin des années 1990	153
1. L'arrivée des plastiques dans l'emballage alimentaire.....	155
1.1. La naissance de la cellophane.....	156
Encadré. Jacques Edwin Brandenberger	156
1.2. De la cellophane aux additifs.....	163
1.3. Plastique et toxicologie : quelle recherche chez Du Pont ?.....	166
1.4. Les facteurs exogènes de l'innovation : du Federal Food, Drug, and Cosmetic Act de 1938 à la Seconde Guerre mondiale	169
1.5. Le durcissement de la régulation après-guerre	174
2. Les régulations internationales sur l'alimentation, les additifs et les contaminants après la Seconde Guerre mondiale.....	178
2.1. La Conférence mixte FAO/OMS sur les Substances ajoutées aux denrées alimentaires : une conférence exploratoire fondamentale	181
2.2. Le Comité d'experts des Additifs alimentaires	184
2.3. Le <i>Codex Alimentarius</i> : un outil de référence international.....	189
3. La perception du « risque » alimentaire et sanitaire dans les années 1970	191
3.1. Les plastiques aux États-Unis dans les années 1970	193
a/ L'enquête de 1972 : connaître l'adversaire	194
Encadré. George Gallup	194
b/ Le rapport de 1975	202

c/ Quels sont les risques identifiés ?.....	206
3.2. Du local au global, le cas de l'aluminium	208
La cadre réglementaire français d'après-guerre	209
Encadré. Les additifs alimentaires dans les décrets de 1912 et 1958	209
Encadré. La place des matériaux dans le décret de 1958	210
Le tournant Alzheimer	212
Un problème de santé publique désormais global.....	214
Bibliographie.....	230
Orientation et méthode	230
Alimentation	230
Consommation, marchés	234
Toxicologie, environnement, expertise et risque sanitaire	236
Matériaux, emballages, additifs.....	240
Sciences et technologie.....	243
Organisations internationales	245
Vulgarisation scientifique.....	245
Opinion	246
Index	247
Liste des encadrés	252
Liste des figures	253

« [L'aluminium]... Comment hésiter un moment entre le nouveau métal et le cuivre ? D'un côté un métal oxydable, d'une odeur désagréable, dont les composés sont vénéneux ; de l'autre un métal inaltérable, trois fois plus léger, sans odeur et sans la moindre influence nuisible sur l'économie. »

Louis Figuier, *Des applications nouvelles de la science à l'industrie et aux arts en 1855*, Paris, Victor Masson, 1856, p. 377.

INTRODUCTION

La nourriture tient une place essentielle dans les activités humaines, de la production à sa consommation. Conserver durablement les aliments et les cuisiner le plus sainement possible est une quête dont les racines remontent au moins à l'Antiquité, avec des méthodes de conservation comme le séchage, le fumage, le salage et le saumurage, seules ou combinées, toujours pratiquées aujourd'hui. Au XIX^e siècle, les progrès de la science, des techniques et de l'industrie ont permis de renouveler les moyens de conservation et d'innover dans ce domaine : stérilisation par la chaleur (Appert, 1810), dessiccation de la viande (Liebig et Von Pettenkoper, 1850), évaporation du lait (Borden, 1856), ou congélation au début du XX^e siècle. Les additifs alimentaires participent de ces techniques, dont des conservateurs utilisés depuis l'Antiquité : sel, miel, salpêtre et vinaigre par exemple. Retracer leur histoire au cas par cas, depuis leur apparition, est difficile : le nombre de substances a subi une croissance exceptionnelle depuis la seconde moitié du XIX^e siècle, qu'il s'agisse des

conservateurs, des antioxydants, des colorants ou des arômes artificiels. Le nombre de substances chimiques organiques connues au début du XX^e siècle est estimé à 150 000¹.

Pour assurer le conditionnement des aliments, les matériaux les plus divers ont été mis et sont encore mis à contribution : terre, bois, peaux de bête, verre, textile, métaux, plastiques, etc. Selon le *dictionnaire de l'Académie française*, dans sa 9^e édition², un matériau se définit comme : « Toute matière utilisée pour fabriquer, construire quelque chose. Un matériau friable, résistant. L'aluminium est un matériau léger. L'argile et le verre sont des matériaux réfractaires ». Nous ne retiendrons dans cet ouvrage que les matériaux utilisés dans la fabrication des objets d'usage courant à des fins culinaires ou de conservation (emballage), en excluant le domaine de la construction. Leur nocuité a été établie de façon empirique, mais l'on note, dans les métaux notamment, des pratiques qui résistèrent à l'évidence de la toxicité pourtant avérée à l'ère du développement de la science. C'est le cas bien connu du plomb et du cuivre.

La question de l'« innocuité alimentaire », à notre sens plus juste que l'expression « sécurité alimentaire »³, concerne donc la qualité de l'aliment conditionné, le mode de conservation choisi, la nature des additifs éventuels et le type de matériau ainsi que le procédé mis en œuvre pour son conditionnement. Ce champ est vaste et les pratiques ne sont pas faciles à déceler. C'est pour cette raison que les lois sur l'alimentation qui ont régulé l'activité de l'industrie agroalimentaire, à partir du début du XIX^e siècle, n'ont couvert que progressivement ce périmètre⁴. Dès le milieu du XIX^e siècle cependant, la question de la nocivité des additifs, notamment des colorants, a été soulevée. Les deux guerres mondiales entravèrent les processus de régulation, alors même que les types d'additifs mis en œuvre dans l'alimentation se multipliaient, de même que les matériaux pour contenants alimentaires. L'entre-deux-guerres fut une période où l'on vit les États se doter de textes législatifs et de structures de contrôle de plus en plus performants. Dans les années 1950, les organismes supra nationaux en charge des questions de santé publique mis en place à cette époque furent confrontés à l'augmentation du nombre des additifs employés dans l'alimentation, à l'essor

¹ Hans J. Teuteberg, « Food adulteration and the beginnings of uniform food legislation in late nineteenth-century Germany », in John Burnett and Derek J. Oddy (dir.), *The Origins and development of Food Policies in Europe*, Londres, Leicester University Press, 1994, p. 147-157.

² *Dictionnaire de l'Académie française*, 9^e édition, version informatisée. <http://atilf.atilf.fr/academie9.htm>

³ Martin Bruegel et Alessandro Stanziani, « Pour une histoire de la "sécurité alimentaire" », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 2004/3, n° 51-3, p. 7-16. Les auteurs soulignent la confusion en français de l'expression « sécurité alimentaire » qui désigne tout autant les conditions d'hygiène que les problèmes d'approvisionnement.

⁴ Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ? L'élaboration des références pour l'application de la loi du 1^{er} août 1905 entre expertise et consensus professionnel », *Histoire, économie et société*, 2006, 25^e année, n° 1, p. 83-108.

des plastiques et à la nécessité de développer les études toxicologiques dans cette voie et d'en faire connaître largement les résultats. Ils introduisirent la catégorie des « additifs alimentaires », puis des « additifs et contaminants alimentaires », bien distincte des questions de nutrition⁵. Les « contenants » étaient désormais identifiés comme des « contaminants » possibles. L'Organisation mondiale de la santé estimait en 1978 que plus de 5 000 composés étaient utilisés comme additifs dans l'industrie agroalimentaire⁶. Enfin, la question de la préparation des aliments soulève également ses propres interrogations : les récipients de cuisson, en particulier, où terre vernissée et métal dominaient à l'époque moderne, ont été l'objet d'améliorations multiples. L'espace de la cuisine, au fil du XIX^e, est devenu le lieu d'un progrès technique et d'une réflexion scientifique, notamment par les hygiénistes, afin de rendre le lieu sain. Là encore, l'innocuité des matériaux mis en œuvre dans la fabrication des casseroles et autres faitouts a été un champ d'améliorations et de questionnements auquel les hommes de sciences ont consacré du temps et de l'attention, au-delà du travail des hygiénistes bien connu⁷.

Aborder l'histoire des usages par le prisme des matériaux permet de comprendre les processus en œuvre à la fois dans la construction concomitante des connaissances scientifiques et techniques et dans les conditions de leur appropriation par les usagers⁸. En comparant des matériaux entre eux – aluminium, fer, cuivre, cellophane et plastiques – dans leurs usages alimentaires, il s'agit d'interroger les processus de construction de la connaissance scientifique et médicale et de la confiance des contemporains en multipliant, dans le temps et l'espace, les points de vue. L'aluminium, la cellophane et les plastiques apparaissent à l'époque contemporaine et offrent la possibilité d'étudier leur perception dès cet instant, à l'inverse de matériaux plus anciens comme le fer et le cuivre. Ces derniers voient cependant leurs usages questionnés au regard des avancées scientifiques. C'est le cas en particulier dans le cadre des additifs alimentaires avec par exemple les sels de cuivre ajoutés pour verdir les légumes. La perception des matériaux sous leur forme métallique ou plastique est dépassée, pour entrer dans l'histoire de leurs oxydes. Par ces

⁵ L'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

⁶ *La Chronique de l'OMS*, 32, 1978, p. 408.

⁷ Stéphane Frioux, Patrick Fournier, Sophie Chauveau, *Hygiène et santé en Europe. De la fin du XVIII^e siècle aux lendemains de la Première Guerre mondiale*, Paris, Éditions Sedes, 2011. Jorland Gérard, *Une société à soigner. Hygiène et salubrité publiques en France au XIX^e siècle*, Paris, Éditions Gallimard, 2010. Lion Murard, Patrick Zylberman, *L'hygiène dans la République. La santé publique en France, ou l'utopie contrariée, 1870-1918*, Paris, Fayard, 1996.

⁸ Nelly Oudshoorn, Trevor Pinch (eds.), *How users matter, the co-construction of users and technology*, op. cit.

approches, notre objet – le matériau – prend une forme multidimensionnelle propre à souligner sa complexité et à restituer le plus fidèlement possible les mécanismes de son appropriation et/ou détestation.

La toxicité des matériaux est partie prenante de la recherche médicale et cette réflexion est visible depuis le XVIII^e siècle dans les traités de toxicologie ou les traités de falsification et d'adultération des aliments. Progressivement, face à l'émergence et à l'emploi d'une multitude de matériaux et substances nouvelles, on assiste, au XX^e siècle, à une spécialisation des travaux et des ouvrages scientifiques par famille de matériaux⁹. Les maladies professionnelles et environnementales sont tout aussi anciennes et il n'y a pas de frontière entre l'espace de l'usine et l'espace public¹⁰. Dès le début du XX^e siècle, des scientifiques comme Alice Hamilton¹¹, chercheuse dans un centre de recherche bactériologique de l'Illinois, sont déjà convaincus des risques toxicologiques liés aux métaux et mènent des recherches à ce sujet¹².

Comprendre le contexte pluri-scientifique et culturel dans lequel sont apparus des matériaux pendant le développement industriel du XIX^e siècle implique d'aller au-delà de la simple question de la mise au point technique d'un procédé de production, même si celui-ci était fondamental. Le discours positiviste du progrès technique est dépassé pour examiner toutes les hypothèses et les travaux cherchant à mettre en doute, à questionner, dans le sens premier du terme, les qualités et défauts de ces matériaux. Les sciences deviennent l'objet de cette étude en ce qu'elles participent de la construction de l'histoire de matériaux complexes. On abordera ainsi l'étude des sciences qui participent à la construction de l'histoire du matériau par le biais des controverses scientifiques et leur résonance dans le champ social, en comparant les trajectoires de différents matériaux pour des usages similaires mais pas nécessairement identiques. Pour expliquer la genèse des suspicions exprimées, il est nécessaire de remonter au contexte scientifique prévalant dès les années 1800, et d'étudier la toxicologie des métaux, la physiologie végétale, la métallothérapie ou l'immense domaine des applications médicales. Cette approche est induite par les acteurs : Sainte-Claire Deville a

⁹ Par exemple, René Lefaux, *Chimie et toxicologie des matières plastiques*, Strasbourg, Compagnie française d'éditions, 1964 et *Practical Toxicology of Plastics*, Cleveland, CRC Press, 1968 ; Timothy E. Lewis, *Environmental Chemistry and Toxicology of Aluminum*, Chelsea, Lewis Publishers, Inc., 1989.

¹⁰ Paul B. Blanc, *How Everyday Products Make People Sick: Toxins at Home and in the Workplace*, Berkeley, University of California Press, 2007.

¹¹ Alice Hamilton, *Industrial Poisons Used in the Rubber Industry*, U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1915. Alice Hamilton, *Exploring The Dangerous Trades The Autobiography*, 1943, reprint, Boston, Northeastern University Press, 1985. Barbara Sicherman, *Alice Hamilton: A Life in Letters*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1984.

¹² Alice Hamilton, *Lead Poisoning in Potteries, Tile Works, and Porcelain Enameled Sanitary Ware Factories*, Washington, Government Printing Office, 1912.

élaboré le premier procédé de production de l'aluminium, il est aussi celui qui en établit les caractéristiques chimiques, ouvrant la voie aux usages dans le domaine alimentaire. De même voit-on Wöhler, autre figure scientifique éminente dans l'histoire de l'aluminium, s'intéresser à la préparation du fer réduit, dont l'usage principal est alors la médication ferrugineuse¹³. À cheval entre chimie, métallurgie, biologie, toxicologie et sciences médicales, ces savants ont tous contribué à la construction d'une connaissance des métaux sous toutes leurs formes, et pour tous les usages imaginés alors¹⁴.

Les additifs et contaminants alimentaires constituent d'abord un champ d'étude européen, vite partagé par les États-Unis et qui devient international après la Seconde Guerre mondiale. Le dialogue scientifique impose une approche globale, dégagée des frontières nationales, propre à rendre compte du processus de construction des connaissances. Ce choix s'est révélé d'autant plus indispensable que l'aluminium comme les plastiques sont des produits transnationaux, que les États ou les entreprises nationales ont tenté de « naturaliser » à certains moments, pour des raisons stratégiques, politiques ou commerciales. Les deux guerres en sont des exemples. Pendant la Première Guerre mondiale, dans le cadre de la bataille contre le cuivre, l'aluminium était présenté comme un métal français (inventeurs, bauxite, usines); pendant la Seconde Guerre mondiale, chaque pays belligérant, pour mobiliser ses forces, a fait de même dans la mesure où usines d'électrolyse et de production d'énergie électrique étaient sur chaque territoire national¹⁵. Les crises de confiance successives depuis l'apparition du métal, de part et d'autre de l'Atlantique, ont nourri des travaux et des synthèses aux objectifs scientifiques et politiques divergents. Les citations de ces travaux dans la littérature scientifique ou de vulgarisation témoignent de la grande liberté de communication des connaissances qui caractérisait déjà le XIX^e siècle.

Pour comprendre comment des matériaux nouveaux entrent dans le champ des usages, il est nécessaire de reconstituer et d'analyser les réseaux scientifiques, techniques et sociétaux qui oeuvrent en ce sens. Associer recherches scientifiques et usages alimentaires, par le prisme de la suspicion et de la confiance, permet de répondre à l'une des interrogations

¹³ Théodore-Auguste Quevenne, « Mémoire sur l'action physiologique et thérapeutique des ferrugineux », in Apollinaire Bouchardat (dir.), *Archives de physiologie de thérapeutique et d'Hygiène*, Paris, Germer Baillière Libraire-éditeur, 1854.

¹⁴ David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of the Chemist. The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914*, *op. cit.*

¹⁵ Ce phénomène se retrouve plus largement dans l'alimentation où l'on voit l'affirmation de traditions alimentaires nationalistes « inventées ». Cf. Martin Bruegel et Bruno Laurioux (dir.), *Histoire et identités alimentaires en Europe*, Paris, Hachette, 2002.

posées par les sociologues¹⁶ sur la mise en relation entre science, technique et marché, et de comprendre qui étaient les acteurs et quelles étaient les relations entre eux, sur un temps long. La construction de la confiance¹⁷, qui est entrée dans les problématiques des historiens, est à examiner dans ce cadre. La langue anglaise distingue *trust* de *confidence* ; le sociologue allemand Luhmann¹⁸ a ainsi différencié un type de confiance raisonnée (*trust*) et une confiance spontanée, immédiate (*confidence*). Cette question, largement traitée par la sociologie et les sciences de gestion, a été récemment abordée par les historiens du politique¹⁹. Comment l'historien de l'économie et des techniques peut-il aborder cette question ? Par une approche par les acteurs et leurs outils, sur le temps long ? Par un examen des structures institutionnelles qui cristallisent les points de vue ou les sujets d'études/suspensions ? T. Bildtgard²⁰ développe une réflexion autour de quatre fondements : la communauté, l'organisation rationnelle, la politique et les systèmes de connaissance en les confrontant à la confiance dans l'alimentation. Confronter son analyse à celle de la confiance dans les matériaux paraissait ici pertinent²¹.

Enfin, cette approche s'enrichit quand elle prend en compte le champ de l'environnement et de la santé, en particulier de la maladie professionnelle. En effet, parce qu'elle est intimement liée à la perception du matériau par le public dans l'histoire des plastiques, la question de la représentation des maladies professionnelles et de son lien avec le matériau produit mérite attention. Cela d'autant plus que la même problématique se pose aussi pour la production du plomb²² dès le XVIII^e siècle. La visibilité, ou reconnaissance, de la maladie professionnelle a-t-elle été influencée par son passage dans la société civile dans son ensemble, c'est-à-dire lorsque la toxicité du produit touche le champ des usages alimentaires et constitue alors une menace beaucoup plus large, incluant l'ensemble de la société enfants

¹⁶ Bruno Latour *Les Microbes. Guerre et paix*, suivi de *Irréductions*, Paris, Métailié, 1984. Michel Callon (dir.), *La science et ses réseaux, Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1989. Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes and Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1989.

¹⁷ Vincent Mangematin et Christian Thuderoz, *Des mondes de confiance, Un concept à l'épreuve de la réalité sociale*, Paris, CNRS Éditions, 2004.

¹⁸ Cf. *Réseaux*, n° 108, 2001 et, en dernier lieu Geoffrey Hosking, *Trust. A History*, Oxford, Oxford University Press, 2014.

¹⁹ Nicolas Delalande, « Une histoire de la confiance est-elle possible ? Remarques sur l'imaginaire historique de deux économistes », *La Vie des idées*, 24 juin 2008.

²⁰ Torbjorn Bildtgard, « Trust in food in modern and late-modern societies », *Social Sciences Information*, 47(1), p. 99-128, 2008.

²¹ Per Østby et Karin Zachmann, « Food, technology, and Trust, an introduction », *History and Technology :An International Journal*, Vol. 27, n° 1, March 2011, Special Issue: Food, Technology, and Trust, p. 1-10.

²² Thomas Le Roux et Michel Letté (dir.), *Débordements industriels. Environnement, territoire et conflit (XVIII^e-XXI^e siècle)*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2013 ; Laurence Lestel, « Non-ferrous metals (Pb, Cu, Zn) needs and city development: the Paris example (1815-2009) », *Regional Environmental Change*, 12(2), 2012, p. 311-323.

compris ? Plomb et plastiques présentent des similitudes, à confronter avec l'aluminium, en particulier dans le discours de communication des entreprises et dans celle des plaignants qui subissent les « débordements industriels »²³ des usines de production. Il en est de même pour les questions environnementales : le plus ou moins fort degré de pollution suscite des réactions qui vont du local au national jusqu'à l'international. En 1997, les industriels de l'aluminium ont estimé que les questions de santé et d'environnement devaient forcément passer par une approche globale, prenant en compte tant la production que la consommation²⁴. L'analyse historique montre que dès le milieu du XIX^e siècle, ces questions de santé étaient déjà appréhendées de façon globale par la communauté scientifique, et qu'à l'inverse, les entreprises s'attachaient alors à séparer soigneusement les sphères privée (maladie professionnelle) et publique (santé et environnement)²⁵.

Du siècle des Lumières à la Première Guerre mondiale les matériaux mis en œuvre dans les ustensiles de cuisine ont fait l'objet de nombreux travaux par les savants, afin de déterminer leur toxicité, du point de vue de la chimie, de la physiologie végétale, de la médecine ou de la pharmacie. Parmi ces matériaux, figure l'aluminium, apparu en 1854 et aussitôt présenté comme un métal usuel pour les ustensiles de cuisine. La question de la régulation dans le champ des emballages, des ustensiles et des additifs alimentaires en France se pose dès cette époque. Les journaux et les ouvrages de vulgarisation scientifique relaient les débats qui se développent autour de certains métaux, soulignant la place accordée à la science dans la société civile et le monde politique, et témoignant de leur goût prononcé pour les polémiques²⁶.

A partir de la fin du XIX^e siècle et jusque dans les années 1930, le secteur de l'agroalimentaire connaît une accélération importante, avec, en corollaire, l'emballage et la chimie organique. L'essor de ces marchés de part et d'autre de l'Atlantique induit des tentatives de régulation qui diffèrent selon les pays, en fonction d'accidents plus ou moins importants. L'aluminium est aussi soumis à des controverses scientifiques dont la première apparaît dans les années 1890 en Europe sur fond de rivalité entre Allemands et Français. Les travaux s'appuient sur l'analyse des ustensiles des soldats et des personnalités de renom se mobilisent pour affirmer l'innocuité du métal. La deuxième controverse, débutée aussi dans les années 1890, est l'une des plus importantes par sa durée aux États-Unis et concerne la

²³ Thomas Le Roux et Michel Letté, *Débordements industriels*, *op. cit.*

²⁴ Nicholas D. Priest and Thomas V. O'Donnell (eds.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, Londres, Middlesex University Press, 1997.

²⁵ Florence Hachez-Leroy, « Aluminium in health and food: a gradual global approach », *European Review of History: Revue européenne d'histoire*, 20:2, 2013, p. 217-236.

²⁶ Robert Fox, *The Savant and the State*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2012.

levure chimique pour laquelle des sels d'aluminium sont incriminé. Elle met en scène des acteurs aux plus hautes fonctions de l'État et de la recherche, avec le président Théodore Roosevelt en personne. Elle mobilise un nombre record de chercheurs pour cette époque et suscite une abondance de travaux scientifiques. Enfin, une troisième controverse se déclare dans l'entre-deux-guerres au Royaume-Uni. Elle démarre avec un médecin généraliste qui, parti d'une observation empirique, adopte ensuite une approche scientifique. Sa remise en cause de l'innocuité des casseroles en aluminium suscite une forte réaction du milieu académique, dont les publications, pour certaines, sont sollicitées par les industriels de l'aluminium.

Une troisième période s'ouvre à la fin des années 1930 pour aboutir aux années 1990. Ces soixante années voient l'arrivée d'un nouveau matériau dans l'emballage alimentaire, la cellophane, sur le marché américain. Son histoire technique et commerciale, au prisme du risque alimentaire, montre à quel point les questions de santé publique et la mise en place de la régulation dans ce domaine aux États-Unis sont intimement liées. La stratégie de Du Pont dans le domaine de la toxicologie industrielle a eu d'autant plus d'importance que le groupe, après la cellophane, entreprit la production du film d'emballage plastique, et que les maladies professionnelles nouvelles, dans ses usines, ont laissé supposer des risques de toxicité très forts. Le cas des plastiques offre un observatoire précieux pour saisir la perception du risque alimentaire et environnemental par certaines catégories sociales dans l'Amérique du Nord d'après-guerre. L'évolution de Du Pont, comme des autres producteurs de plastiques, dans la perception des risques sanitaires est à relier à la politique de régulation que l'État fédéral tentait de mettre en place. La Seconde Guerre mondiale n'arrête pas le mouvement de régulation à l'échelle internationale qui reprend avec force une fois la paix revenue. Il s'appuie sur une observation unanime : les entreprises agroalimentaires et d'emballages alimentaires ont mis en œuvre de telles quantités d'additifs et de matériaux nouveaux qu'il est urgent de réguler et de mettre en commun les efforts de chaque nation pour tenter de couvrir l'ensemble des substances concernées. La question des laboratoires de contrôle se pose de façon cruciale pour certains pays, et les experts des comités internationaux plaident encore pour un usage raisonné des additifs alimentaires, quand cela est nécessaire et si cela apporte un progrès.

I. LES MÉTAUX ET L'INNOCUITÉ ALIMENTAIRE, DU SIÈCLE DES LUMIÈRES À LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE

La découverte progressive de nouvelles substances et de nouveaux matériaux, à partir du XVIII^e siècle, est l'une des conséquences du progrès scientifique et technique à l'œuvre. Loin d'être naïfs ou inconséquents, les chercheurs travaillent simultanément à en définir les caractéristiques chimiques et leur possible nocivité. La chimie s'érige progressivement en domaine scientifique où trois pays dominant : France, Royaume-Uni et Allemagne²⁷. Les travaux de Lavoisier²⁸, à partir des années 1760, permettent d'entrer dans une nouvelle époque et de renouveler en profondeur les pratiques, les objets, le vocabulaire et le public de la chimie²⁹. A partir de 1789, un fort engouement populaire permet aussi aux chimistes de développer leurs travaux et de pousser à la construction de structures d'enseignement et de recherche dont l'importance est fondamentale pour la constitution d'une communauté scientifique. Vers 1850, le regard porté sur la chimie est devenu extrêmement confiant³⁰, en particulier parce que celle-ci a contribué à produire de nouvelles couleurs éclatantes, que chacun, quelle que soit sa classe sociale, peut admirer dans son quotidien sur ses vêtements ou dans sa maison.

Le phénomène est similaire dans l'alimentation, avec l'usage de nouvelles substances, mais avec des problèmes spécifiques en raison des pratiques l'adultération³¹. La falsification des denrées est un sujet très important dans la société du XIX^e s., où des pratiques douteuses ont cours et conduisent à des intoxications. Les combattre demande alors de définir la qualité et la nature des aliments. Dans ce contexte, la question de l'innocuité des matériaux en contact avec

²⁷ David Knight and Helge Kragh, *The Making of the Chemist*, op. cit.

²⁸ Maurice P. Crosland, *In the Shadow of Lavoisier : the Annales de chimie and the Establishment of a New Science*, Oxford, BSHS Monograph 9, 1994.

²⁹ David Knight, « Preface », in David Knight and Helge Kragh, *The Making of the Chemist*, op. cit.

³⁰ *Ibid.*

³¹ C. Anne Wilson (ed.), *'Waste Not, Want Not', Food preservation from early times to the present day*, Édinburgh, Edinburgh University Press, 1991 ; Madeleine Ferrières, *Histoire des peurs alimentaires*, op. cit. ; Alessandro Stanziani (dir.), *La qualité des produits en France (XVIII^e-XX^e siècles)*, Paris, Belin, 2003 ; Alessandro Stanziani, *Histoire de la qualité alimentaire*, op. cit.

les aliments est posée : il s'agit non seulement d'étudier les nouveaux matériaux mais aussi de réexaminer les matériaux anciens au prisme des nouvelles méthodes d'investigation et des nouvelles connaissances. Le sujet est vaste et fait l'objet de débats contradictoires parmi les scientifiques.

Pour comprendre à partir de quand les quantités de métal ingéré deviennent nocives, les savants cherchent à quantifier les apports possibles par l'alimentation. Les recherches en botanique s'orientent entre autres vers le rôle des oxydes métalliques dans les sols et leur quantification dans les plantes et dans l'eau. En médecine, un domaine très proche, où l'on retrouve parfois les mêmes scientifiques, les métaux sont aussi étudiés pour leurs qualités thérapeutiques. La quantification par l'analyse chimique constitue une constante dans les travaux scientifiques à partir du début du XIX^e siècle, en particulier dans la physiologie végétale.

Mais ces questions de santé se caractérisent aussi par leur développement et leur partage entre quatre sphères : les espaces scientifiques, les espaces privés des entreprises industrielles, l'espace public ou commun et l'espace de l'intimité, du foyer. En effet, au cours du XIX^e siècle, l'administration est autorisée à agir dans le domaine de la santé et de l'hygiène. Une organisation est mise en place avec plus ou moins de réussite pour encadrer et contrôler les pratiques, imposer des règles d'hygiène communes. Des disparités fortes ont existé selon les lieux, et Paris, avec son Conseil de salubrité mis en place en 1802, fait figure d'exception³². Dans ce contexte, le rôle des médecins est prépondérant parmi les autres acteurs dont les disciplines voient leurs contours progressivement définis : pharmaciens, chimistes, hygiénistes, médecins légistes, physiologiste³³, etc. La lutte contre les épidémies a sans aucun doute été la bataille la plus urgente et la plus difficile à mener³⁴, et la loi de 1902 a marqué un tournant important dans la législation sanitaire en imposant en particulier la vaccination et, à l'échelle communale, la création de bureaux d'hygiène³⁵.

³²Thomas Le Roux, *Le laboratoire des pollutions industrielles, Paris, 1770-1830*, Paris, Albin Michel, 2011.

³³Patrice Bourdelais (dir.), *Les hygiénistes : enjeux, modèles et pratiques*, Paris, Éditions Belin, 2001. Stéphane Frioux, *Les batailles de l'hygiène. Villes et environnement de Pasteur aux Trente Glorieuses*, Paris, PUF, 2013.

³⁴Lion Murard et Patrick Zylberman, *L'hygiène dans la République. La santé publique en France, ou l'utopie contrariée, 1870-1918*, Paris, Fayard, 1996 ; Gérard Jorland, *Une société à soigner. Hygiène et salubrité publiques en France au XIX^e siècle*, Paris, Éditions Gallimard, 2010. Maurice Crosland, « The organisation of chemistry in nineteenth-century France », in David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of the Chemist, op. cit.*, p. 3-14.

³⁵ Patrice Bourdelais et Yankel Fijalkow, « Les grandes villes françaises et la loi de 1902 (anticipations et applications, 1880-1980) », *Ruptures, revue transdisciplinaire en santé*, vol. 10, n° 1, 2004, p. 105-116.

1. LA TOXICOLOGIE DES MÉTAUX

La toxicologie a des racines anciennes, puisque l'on trouve mention de l'usage de substances comme poison dès l'Antiquité. Au XVI^e siècle, Paracelse a marqué son époque par l'usage d'une substance dangereuse, le mercure, dans la thérapie de la syphilis : il prenait le contrepied de ses contemporains et établissait un nouveau paradigme pour les sciences médicales et pharmaceutiques : « Dosis sola facit venenum »³⁶. La réflexion a peu évolué aux XVII^e et XVIII^e siècles, et il a fallu attendre le tout début du XIX^e siècle et les travaux d'Orfila pour que de nouveaux progrès soient réalisés. La toxicologie expérimentale a suivi les pas de la chimie organique, laquelle a pris son essor à partir des années 1800. En France, la chimie présente la particularité d'être étroitement liée à la pharmacie. Marcellin Berthelot et Henri Moissan³⁷ ont d'abord reçu une formation de pharmacien avant de se tourner vers la chimie organique pour le premier et la chimie inorganique pour le second.

Encadré. Mathieu Orfila

Mathieu Orfila (1787-1853) est médecin et chimiste, diplômé de l'université de Paris en 1811. Professeur de médecine légale et de chimie médicale, il est considéré comme l'inventeur de la toxicologie moderne et fut expert judiciaire. Ses travaux l'amènèrent à publier nombre d'ouvrages permettant de quantifier les métaux dans le corps humain afin d'en déterminer les doses létales.

Mathieu Orfila, *Mémoire sur l'absorption des sels de plomb, de bismuth, d'étain, d'argent, d'or, de zinc et de mercure*, impr. de F. Locquin (Paris), 1842 ; *Mémoire sur l'empoisonnement par l'iode, le foie de soufre, l'alun, l'eau de Javelle, etc. considéré sous le rapport médico-légal*, impr. de F. Locquin (Paris), 1842

1.1. Les métaux « de cuisine » dans la chimie élémentaire

Dans ce cadre, les travaux du baron Louis Jacques Thénard, puis de ses successeurs, témoignent de l'avancée progressive des connaissances et de l'arrivée des nouveaux matériaux dans le champ scientifique. On estime qu'environ 12 000 composants nouveaux ont été synthétisés entre 1800 et 1880, dont certains très toxiques, comme le bis-sulfide, en 1822, connu pendant la Première Guerre mondiale sous le nom de gaz moutarde. Ces travaux

³⁶ « C'est la dose qui fait le poison ». John A. Zapp Jr., « Industrial Toxicology: Retrospect and Prospect », in George D. Clayton et Florence Clayton (eds.), *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Vol IIA : Toxicology, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1981, Chapter Twenty-Eight.

³⁷ Claude Viel, *Henri Moissan, 1852-1907 : pharmacien, premier Français prix Nobel de chimie*, Paris, Pharmathèmes édition-communication, 2006.

montrent aussi l'intérêt des savants pour la définition des usages possibles des nouveaux matériaux, dont les métaux, en particulier pour l'alimentation. Aluminium, nickel, étain et cuivre sont examinés.

Le premier des métaux terreux : l'aluminium

Le cas de l'aluminium, inconnu jusqu'alors, permet de souligner la progression de sa découverte et l'intuition de son existence, avant même que les savants ne parviennent à l'isoler et à le produire sous forme de métal suffisamment pur pour en observer les caractéristiques. Ce processus met aussi en évidence la démarche scientifique à l'œuvre pour l'ensemble des métaux depuis le XVIII^e siècle.

Le baron L. J. Thénard, en 1817, dans son *Traité de chimie élémentaire*, classe l'aluminium parmi 48 corps pondérables simples identifiés alors. Il s'attache aussi à justifier la logique de la nomenclature adoptée par les savants français, visant à ne retenir qu'un seul terme pour une même substance, en fonction de sa nature : terminaison en "eux" et "ique" pour les acides, en "ates" pour les sels par exemple. La logique est donc de retenir le terme aluminium pour désigner le métal associé à l'alumine³⁸. Le classement de Thénard est très intéressant en ce qu'il s'appuie sur le degré d'affinité des métaux pour l'oxygène, une intuition très juste pour ce qui concerne l'aluminium. La première section est celle des métaux des terres, des métaux terreux³⁹, et « qui n'ont point encore pu être réduits, et qui ne sont admis au rang des métaux que par analogie⁴⁰ ». Mais, conclut Thénard, « on ne peut en faire l'histoire particulière, puisque jusqu'ici on n'a pas pu se les procurer⁴¹ ». De fait, ils ne figurent pas dans le tableau récapitulatif des découvertes des métaux.

³⁸ L'alumine, ou oxyde d'aluminium, est un composé chimique qui existe à l'état naturel dans la bauxite, sous forme d'alumine hydratée mélangée avec de l'oxyde de fer. Sa formule chimique est Al_2O_3 . C'est le plus abondant oxyde métallique de la croûte terrestre après la silice.

³⁹ M. le Baron Louis Jacques Thénard, *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, Paris, Crochard, 1817-18, p. 259.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 240. Ils sont sept : magnésium, glucinium, yttrium, aluminium, thorium, zirconium et silicium.

⁴¹ *Ibid.*, p. 259.

TABLEAU de la découverte des Métaux.

NOMS des MÉTAUX.	AUTEURS DE LEUR DÉCOUVERTE.	EPOQUES de leur découverte
Or.....	Connus de toute antiquité.	
Argent.....		
Fer.....		
Cuivre.....		
Mercure.....		
Plomb.....	Indiqué par Paracelse, qui mourut en 1541.	1541.
Étain.....		
Zinc.....	Décrit dans le traité d'Agricola, qui parut en 1520.	1520.
Bismuth.....	Basile-Valentin décrit le procédé d'extraction.....	15 ^e siècle.
Antimoine.....		
Arsenic.....	Brandt.....	1733.
Cobalt.....	Wood, essayeur à la Jamaïque.....	1751.
Platine.....		
Nickel.....	Cronstedt.....	1751.
Manganèse.....	Gahn et Schéele, à-peu-près vers.....	1774.
Tungstène.....	MM. Delhuyart, à-peu-près vers.....	1781.
Tellure.....	M. Muller de Reichenstein.....	1782.
Molybdène.....	Soupçonné par Schéele et Bergman, constaté par Hielen en.....	1782.
Urane.....	M. Klaproth.....	1789.
Éthane.....	Grégor.....	1781.
Chôme.....	M. Vauquelin.....	1797.
Colombium.....	M. Hatchett.....	1802.
Palladium.....	M. Wollaston.....	1803.
Rhodium.....		
Iridium.....	Par M. Descotils, et constaté par Fourcroy, M. Vauquelin et Smithson Tennant en.....	1803.
Osmium.....	M. Tennant.....	1803.
Cérium.....	M. Hisinger et Berzelius.....	1804.
Potassium.....	Découverts par M. Davy en.....	1807.
Sodium.....		
Barium.....		
Strontium.....		
Calcium.....	Indiqués par M. Davy en.....	

Fig.1. Tableau de la découverte des métaux, 1817. L. J. Thénard, *Traité de chimie élémentaire, Théorique et pratique*, T. 1, Paris, Crichard Libraire, 1817, p. 239.

Si l'on regarde du côté d'un autre grand savant, Jean-Antoine Chaptal, on constate également que celui-ci mentionne l'aluminium parmi les métaux à trois reprises dans l'édition révisée de 1830, *Chimie appliquée aux arts*⁴². Un article y est consacré à l'alun⁴³, dont Chaptal possède une fabrique à Montpellier et une près de Paris (la fabrique des Thernes) et suit la production de la manufacture de Javelle à Paris.

L'édition de 1837 du *Traité de chimie élémentaire* de L.J. Thénard, publié après les premiers travaux du chimiste Friedrich Wöhler sur l'aluminium, est plus précise. L'aluminium y est développé dans un chapitre distinct, intitulé « Aluminium »⁴⁴. Seul Wöhler y est cité, sans référence aux travaux du chimiste et philosophe anglais sir Humphry Davy de 1807, précurseur dans les recherches sur l'aluminium⁴⁵, ni du Danois Hans Christian Ørsted, physicien et

⁴² Jean-Antoine Chaptal, *Chimie appliquée aux arts*, Nouvelle édition révisée par M. Guillery, Paris, Librairie Encyclopédique de Roret, 1830.

⁴³ L'alun est un sulfate double d'aluminium et de potassium.

⁴⁴ M. le Baron L. J. Thénard, *Traité de chimie élémentaire*, tome premier, Bruxelles, Louis Hauman et Compagnie, Libraires-Éditeurs, 1836. Première partie. Corps inorganiques – Livre dixième. Des Métaux – Chapitre II. Métaux de la deuxième section – Art. IV. Aluminium.

⁴⁵ Sir Humphry Davy fut un scientifique extrêmement actif qui parvint à isoler le sodium, le potassium, le baryum, le strontium et le calcium grâce à l'électrolyse en 1807 et 1808.

chimiste⁴⁶. L'auteur y précise que le mode d'extraction est le même que pour le glucinium⁴⁷, obtenu également par Wöhler. Son propos ne laisse pas planer de doute sur la nature métallique de l'aluminium :

« L'aluminium est le premier des métaux terreux qui ait été obtenu à l'état métallique. Sa réduction date seulement de 1827 ; elle est due à M. Wöhler qui la fit en chauffant du chlorure d'aluminium avec le potassium, et qui bientôt après réduisit de la même manière le glucinium et l'yttrium.

L'aluminium, ainsi obtenu, est une poudre grise, ressemblant beaucoup à celle du platine ; broyée dans un mortier d'agate, elle se comprime un peu et forme alors de petites paillettes métalliques qui ont l'éclat et le blanc de l'étain. Elle est mauvais conducteur de l'électricité ; mais M. Wöhler ayant observé que le fer en poudre tenue est dans le même cas, il est probable que l'aluminium en masse serait comme tous les autres métaux susceptible de conduire le fluide électrique. [...]

Il n'existe qu'un oxide (sic) d'aluminium : c'est lui que l'on désigne ordinairement par le nom d'*alumine* ou de *terre alumineuse* ; il fait fonction de base, et quelque fois d'acide. »⁴⁸

Reste qu'aucun usage n'est encore évoqué pour ce métal, tout comme le manganèse décrété « sans usages » ; à l'inverse, pour d'autres métaux, comme le zinc ou le nickel, l'analyse des usages souligne les préoccupations des scientifiques en matière d'hygiène publique, et les risques à les utiliser dans les ustensiles culinaires :

« Le zinc s'emploie dans un assez grand nombre de circonstances. Appliqué en lame sur le cuivre, il constitue l'un des éléments de la pile voltaïque. Combiné avec l'étain et le mercure, il forme un amalgame dont on frotte quelque fois (sic) les coussins des machines électriques. [...] Enfin, l'on commence à s'en servir pour faire des conduits, des gouttières, des bassins, des baignoires, des couvertures de toits, etc. L'on voulait aussi en faire des casseroles et d'autres ustensiles de cuisine ; mais la facilité avec laquelle il est attaqué par les acides les plus faibles, et la vertu émétique que possèdent les sels de zinc, doivent empêcher de préparer aucun aliment dans ces sortes de vases ». ⁴⁹

⁴⁶ Hans-Christian Ørsted est à l'origine de la découverte de l'interaction entre électricité et magnétisme. Son activisme au service de la science fut essentiel dans le développement scientifique danois et il fonda l'université technique du Danemark.

⁴⁷ La dénomination actuelle pour le glucinium est le béryllium.

⁴⁸ M. le Baron L. J. Thénard, *Traité de chimie élémentaire, op. cit.*, p. 255.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 289.

Un peu moins blanc que l'argent : le nickel

Le nickel mérite que l'on s'y attarde plus longuement dans la mesure où il est, comme l'aluminium, le fruit d'un processus de recherches cumulatives qui s'est accéléré à la fin du XVIII^e siècle, et qui continue à progresser au cours du XIX^e siècle⁵⁰. Comme l'aluminium, il est utilisé par la suite dans la réalisation d'ustensiles de cuisine. L'analyse qui en est donnée en 1836 rend compte à la fois des qualités physiques du métal et de ses caractéristiques chimiques, tout en précisant les usages qui en sont faits à cette date. Comme le zinc, le nickel sous forme de sels provoque des vomissements, mais aucune mise en garde n'est faite en ce qui le concerne.

« 996. *Historique.* — Quoique Cronsted eût annoncé, de 1751 à 1754, l'existence du nickel dans le minéral que les mineurs appellent *kupfernickel* ou *faux cuivre* [...], ce n'est qu'en 1775 que ce métal fut regardé généralement comme distinct de tous les autres. Jusque là (sic), plusieurs chimistes soutinrent que c'était un alliage de cuivre et de fer, et cette opinion erronée ne fut détruite que par le beau travail de Bergman [...]. Bergman, a donc en quelque sorte contribué à la découverte de ce métal ; ses recherches surtout en ont beaucoup éclairé l'histoire, et ont préparé celles qui ont été faites depuis sur le même sujet par MM. Vauquelin, Proust, Bucholz, Richter, Tupputi, Laugier, Berthier. [...]

997. *Propriétés physiques.* — Le nickel est solide, un peu moins blanc que l'argent ; il est très ductile ; on peut le réduire en lames et en fils, qui ont beaucoup de ténacité. [...]

Alliages de nickel.

1001. Le nickel s'unit à la plupart des métaux par fusion ; mais ces alliages sont très peu connus. Deux seulement doivent être examinés : l'arséniure de nickel et le *packfung* ou *argentan*. [...]

Packfung, argentan, maillechort. — C'est un alliage semblable au cuivre chinois, avec lequel on fait actuellement en Allemagne, en France, etc. des cuillers, des fourchettes, des chandeliers, des éperons, des garnitures de couteaux, des plaques pour gibernes, etc., etc. Il se compose, comme le cuivre chinois, de cuivre, de zinc et de nickel, mais en proportions diverses suivant les usages auxquels on le consacre.

⁵⁰ Yann Bencivengo, *Nickel : la naissance de l'industrie calédonienne*, Tours, Les presses universitaires François Rabelais, 2014.

1003. Caractères des sels de nickel.

Couleurs. Plus ou moins verte ; jaunâtre quand le sel est desséché.

Saveur. Sucrée d'abord, puis âcre et métallique

Action sur l'économie animale Vomissements violens, sans occasioner la mort (sic).

[...]

Usages. — Le nickel n'a jusqu'à présent d'autre usage que de servir à faire le *packfung*. »

En comparaison, les sels d'alumine sont présentés comme n'ayant pas de couleur, sauf le chromate d'alumine qui est jaune, et leur saveur est notée « astringente », c'est-à-dire qui a la propriété de resserrer les tissus vivants ou encore de constiper.

Les conseils pour l'usage quotidien

Globalement, les objets mentionnés concernent l'armement et le quotidien, avec un avis spécifique pour les contenants alimentaires. Ainsi en est-il de l'étain, par exemple, pour lequel aucune mise en garde n'est faite à cette date, alors qu'il est le plus souvent allié au plomb pour améliorer sa résistance :

« *Usages.* — Les usages de l'étain se sont très-multipliés (sic). Combiné avec le cuivre dans diverses proportions, il forme l'alliage des canons et des cloches. Uni à deux fois son poids de plomb, il constitue la soudure des plombiers. Réduit en feuilles minces et allié au mercure, il sert à mettre les glaces au tain. [...]

Qui ne sait que l'étamage ordinaire consiste dans une couche très-mince (sic) de ce métal appliqué sur le cuivre ? [...]

Combien n'emploie-t-on pas d'étain pour fabriquer divers vases et instrumens !⁵¹ »

Le fer reçoit les éloges les plus vibrants de Thénard :

« Du fer.

143. Voici de tous les métaux le plus abondant, le plus utile, et par conséquent le plus précieux. Sans fer que seraient en effet la plupart de nos arts, presque encore dans l'enfance ?

⁵¹ M. le Baron L. J. Thénard, *Traité de chimie élémentaire*, 1817, *op. cit.*, p. 280.

La découverte de ce métal remonte aux temps les plus reculés. Tous les peuples un peu industriels l'ont connu ; il n'est resté caché qu'aux peuplades absolument sauvages. »

La question des usages, très présente dans l'ouvrage de Thénard, est donc une notion importante et prise en considération du point de vue scientifique dès le début du XIX^e siècle. Celle du risque ou du danger à l'utilisation des métaux est tout aussi fondamentale, sans que soit encore évoquée l'hypothèse de la mesure ou de la quantification possible de ce risque. Aux côtés de la chimie, la recherche médicale s'intéresse elle-aussi aux métaux et à leurs effets.

1.2. La recherche médicale et l'ambivalence des métaux

L'innocuité des métaux est un thème de recherche dominant dans la communauté des savants au début du XIX^e siècle, en particulier pour déterminer la toxicologie de certains métaux utilisés dans les poisons. Plomb, étain, cuivre et fer sont mis à l'épreuve. Suspectés d'effets nocifs, ils font l'objet de multiples recherches, hypothèses et contre-hypothèses. L'ambivalence des métaux est avérée : le cuivre peut empoisonner mais il peut aussi guérir. Toxicologie industrielle et métallothérapie émergent au XIX^e siècle de ce double mouvement de compréhension du rôle des métaux dans les organismes humains et végétaux.

Soigner avec l'alun...

Les liens de filiation étroits entre pharmacie et chimie en France justifient de prendre en compte les travaux en pharmacie⁵², et plus particulièrement les manuels de pharmacopée⁵³. L'origine de ces derniers est ancienne et, à la fin du XVIII^e siècle, l'on considère que la plupart des villes d'Europe proposent une pharmacopée à laquelle est donnée leur nom. Le XIX^e siècle est celui de la normalisation de ces pharmacopées à l'échelle de chaque nation, afin d'uniformiser les pratiques régionales.

Dans ce champ, l'usage des métaux en médecine est ancestral, mais il reste à en comprendre les mécanismes, les dosages et les formes chimiques. Leur étude, au cours des XVIII^e et XIX^e siècles, mêle étroitement les textures métallique et non métallique et interroge l'ensemble des usages possibles. Le champ médical est l'un des plus féconds et denses en matière de recherches. Il conduit, au fil du XIX^e siècle, à faire entrer progressivement dans la

⁵² Maurice Crosland, « The organisation of chemistry in nineteenth-century France », *op. cit.*

⁵³ Jean Volckringer, *Évolution et unification des formulaires et des pharmacopées*, Paris, Paul Brandouy Ed., Paris, 1953. Sophie Chauveau, « Genèse de la « sécurité sanitaire » : les produits pharmaceutiques en France aux XIX^e et XX^e siècles », *RHMC*, 52-2, 2004, p. 88 à 117.

pharmacopée de nouvelles sortes et formes de métaux. Ceux dont l'usage est acquis de longue date sont quant à eux soumis à de nouveaux questionnements et méthodes d'analyse.

Pour mener ce travail, le recours aux travaux du scientifique anglais Jonathan Pereira⁵⁴ et aux éditions successives de *The elements of Materia Medica and Therapeutics, including Notices of most of the medicinal substances in use in the civilized world* est essentiel. Dans l'édition de 1846, destinée aux lecteurs américains, l'aluminium figure dans la classe 33 des « *Metallic Substances* », comportant 17 métaux, sous le chapitre 16 « *Compounds of Aluminum* ».

Encadré. L'alun

L'alun est connu depuis l'Antiquité. C'est un sulfate d'aluminium et de potassium, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$. Il est particulièrement utilisé dans la teinture et la mégisserie. En 1790, J.-A. Chaptal en mentionne les usages les plus courants, y compris dans la fabrication du pain : « L'alun est une des matières les plus précieuses des arts ; il est l'âme de la teinture et sert de mordant à presque toutes les couleurs. On s'en sert pour préparer les cuirs, pour imprégner les papiers et les toiles qu'on veut teindre par impression ; on en ajoute au suif pour le rendre plus dur ; on le fait entrer dans la préparation de la colle pour en écarter les vers ; on l'emploie, en Angleterre et ailleurs, pour donner de la blancheur et du volume au pain ; fondu avec le salpêtre de la première cuite, il forme du crystal minéral très-blanc. Les Imprimeurs frottent leurs balles avec l'alun calciné pour leur faire prendre l'encre ; les Chirurgiens l'employent pour ronger les chairs mortes ou baveuses. »

J.-A. Chaptal, *Éléments de chimie*, 1790, tome 2, p. 61.

L'auteur retrace les occurrences de l'alun dans la littérature antique⁵⁵, soulignant au passage la confusion avec le sulfate de fer, et l'usage de l'alun dans la teinture de la laine. S'il ne mentionne pas l'aluminium sous forme de métal et ne fait aucunement référence aux travaux à ce sujet, il évoque en revanche très clairement la fabrication de l'alumine (un protoxyde d'aluminium), en particulier au Royaume-Uni, et les applications médicales qui en sont faites. Étrangement, il ne parle pas des travaux de Chaptal, pourtant publiés depuis 1788⁵⁶, alors que

⁵⁴ Jonathan Pereira (1804-1853) était un pharmacologue anglais, auteur de l'ouvrage de référence *Elements of Materia Medica*. E. J. Shellard, « A History of British Pharmacognosy (1842-1980) ». *The Pharmaceutical Journal*, 1980, Vol 226-228, p.108, 189, 406, 201, 631, 774, 78, 371 et 536.

⁵⁵ Jonathan Pereira, *The Elements of Materia Medica and Therapeutics, including Notices of most of the medicinal substances in use in the civilized world*, Philadelphie, Lea and Blanchard, 1846, p. 522-523.

⁵⁶ Jean-Antoine Chaptal, « Observations sur la manière de former l'alun par la combinaison directe de ses principes constituants », *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1788. Et Jean-Antoine Chaptal, *Éléments de chimie*, 4^e édition, tome second, Paris, Deterville Libraire, 1803. Son travail est notamment mentionné dans Jean-Baptiste Kapeler et Jean-Baptiste Caventou, *Manuel des pharmaciens et des droguistes ou Traité des caractères distinctifs, des altérations et sophistications des médicaments simples et composés*, tome 1^{er}, Paris, J.-A. Brosson et J.-S. Chaudé Libraires, 1821.

ce dernier, en 1830, dans *Chimie appliquée aux arts*, a détaillé longuement les procédés de production de l'alun, dont celui qu'il exploite dans son usine de Javelle, à Paris. J. Pereira précise les effets physiologiques qui sont très rapides pour les végétaux (« l'alun est probablement nocif pour les plantes »⁵⁷), plus lents sur les animaux et les humains, avec des références aux travaux d'Orfila, Devergie, Moiroud, Wibmer, Duméril et Barbier. Les applications médicales de l'alun sont, à cette date, autant externes qu'internes. Ses qualités astringentes offrent des solutions thérapeutiques en cas d'hémorragies, et l'alun peut être utilisé soit dissous soit sous forme de poudre. Notons en particulier son emploi jugé efficace dans le traitement de la colique au plomb⁵⁸, établi par les travaux du Dr Kapeler⁵⁹, de l'hôpital Saint-Antoine, et du Dr Gendrin, même si, écrit J. Pereira, « Le mode opératoire de l'alun dans les coliques de plomb n'est pas très clair. ». En 1828, sollicité comme expert devant la cour royale de Paris dans une affaire d'accusation d'empoisonnement à l'alun calciné, Orfila rédigea un « Rapport et expériences sur les effets de l'alun⁶⁰ » dont les conclusions étaient similaires.

L'édition de 1854 n'apporte pas de grands changements à la notice, sauf peut-être la disparition de la rubrique « cataplasmes » (*Cataplasma aluminis*) : ceux-ci étaient réalisés en mélangeant de l'alun avec du blanc d'œuf ou du lait : la crème ainsi obtenue devait permettre de soigner les conjonctivites chroniques et purulentes ainsi que les engelures⁶¹.

... le manganèse ou le fer

Une comparaison est possible avec un métal isolé à la même époque que l'aluminium, le manganèse, au travers d'un article de Burin du Buisson, pharmacien à Lyon, en 1854⁶². L'intérêt de cet article est d'offrir un regard sur les travaux passés ; comme pour l'aluminium, les travaux de Gmelin, Pelouze mais aussi Berzelius figurent parmi ceux accréditant la présence

⁵⁷ Jonathan Pereira, *The elements of Materia Medica*, op. cit., p. 524.

⁵⁸ Sur l'importance des intoxications au plomb : Judith Rainhorn, « Banning white lead: French and American Experiences in a comparative perspective (early twentieth century) », *European Review of History, special issue « History of the Workplace: Environment and Health at Stake »*, vol. 20/2, 2013, p. 197-216. Judith Rainhorn, « The Fight Against Lead Poisoning in the Paint Industry: A Comparison between the French and American Experiences, 1900-1940 », in Paul Blanc, Brian Dolan (eds.), *At Work in the World: Proceedings of the Fourth Conference on the History of Occupational and Environmental Health, Perspectives in Medical Humanities series*, San Francisco, University of California Press, 2012, p. 169-172.

⁵⁹ Jean-Baptiste Kapeler (1780-1852) était médecin-chef de l'hôpital Saint-Antoine à Paris. En 1821, il avait publié le *Manuel des pharmaciens et des droguistes*, avec J.-B. Caventou, à partir de la traduction de l'ouvrage de Ch. Ebermayer, adapté à la pharmacopée française. D. Montanceix, « Du traitement de la colique métallique par l'alun (I), observations recueillies sous les yeux de M. Kapeler, médecin en chef de l'hôpital Saint-Antoine, par M. D. Montanceix, interne », *Archives générales de médecine*, t. XVIII, 1828, p. 370-383.

⁶⁰ Orfila Mathieu, « Rapport et expériences sur les effets de l'alun », *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, tome 1^{er}, 1829, p. 235-256.

⁶¹ Jonathan Pereira, *The elements of Materia Medica*, op. cit., 1846, p. 528, 1854, p. 670.

⁶² A.-M.-B. Burin du Buisson, « De la présence du manganèse dans le sang et de sa valeur en thérapeutique », *Journal de Pharmacie et de chimie*, tome 26, 1854, p. 420-433. L'article fait l'objet d'une publication sous forme de fascicule chez MM. Baillière Libraires à Paris, et Savy, Libraire à Lyon en 1854.

du manganèse dans les cendres de cheveux ou de sucs gastriques d'origine humaine. Le chimiste allemand Justus von Liebig, en 1852, en souligne la présence, aux côtés du fer, dans le thé et le café. La motivation de Burin du Buisson tient à une querelle qui oppose alors les partisans de la présence du manganèse comme composant du sang humain et les opposants qui la jugent accidentelle et aléatoire. Au-delà, c'est l'utilisation thérapeutique du manganèse qui est discutée, en comparaison et en complément des traitements ferrugineux, et ses effets positifs ou nocifs. Burin du Buisson a aussi mené une campagne active pour faire valoir l'action thérapeutique du perchlorure de fer, notamment dans les usages militaires pour les soins aux blessés, et il a vu ses travaux reconnus par l'Académie impériale de médecine en 1859⁶³. Le manganèse a été découvert par les chimistes suédois Carl Wilhelm Scheele et Johan Gottlieb Gahn en 1774⁶⁴. Il est reconnu parmi les oligoéléments par Gabriel Bertrand⁶⁵ en 1897.

La problématique est similaire avec un métal beaucoup plus ancien, le fer. La littérature abonde sur les effets toxiques et thérapeutiques du fer en fonction des doses et formes absorbées. Le débat est résumé en 1860 par un pharmacien :

« Parmi les agents thérapeutiques les plus estimés, les préparations ferrugineuses occupent certainement une des premières places. Seulement, les expérimentateurs ne sont point unanimement d'accord sur le choix qu'il faut faire lorsqu'on veut prescrire le fer à l'état métallique. Les anciens praticiens n'avaient à leur disposition que de la limaille de fer plus ou moins fine. Leurs successeurs ajoutèrent le fer porphyrisé⁶⁶, et nous, nous vîmes le fer réduit par l'hydrogène prendre rang parmi les agents thérapeutiques. »⁶⁷

Et de poursuivre par un examen très détaillé des différents types de fer – le fer de Vierzon est « le plus pur que nous ayons pu nous procurer » – disponibles sur le marché et de leur mode de préparation, pour juger *in fine* que « c'est la limaille du fer du Berry préparée au bois qui a les

⁶³ A.-M.-B. Burin du Buisson, *Traité de l'action thérapeutique du perchlorure de fer*, Paris, V. Rozier, 1860 ; A.-M.-B. Burin du Buisson, *Précis théorique et pratique du mode d'emploi à l'extérieur et à l'intérieur du perchlorure de fer liquide, à l'usage des hôpitaux et des ambulances militaires dans le traitement des plaies par armes à feu*, Paris, V. Rozier, 1866.

⁶⁴ Louis Jacques Thenard, *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, Volume 1, Bruxelles, Louis Hauman et Compagnie, Libraires, 1836, p. 258. Muchen, en 1845, en avait démontré ses qualités dans les alliages métalliques.

⁶⁵ Pharmacien et chimiste français, Gabriel Bertrand fut chef du Service de chimie biologique à l'Institut Pasteur, à Paris (1900-1962), professeur de chimie biologique à la Faculté des sciences de Paris (1905-1936). Il fut aussi, en 1920, président de la Société chimique de France et président de l'Académie des sciences en 1943. En 1897, il est préparateur à la chaire de chimie appliquée aux corps organiques au Muséum d'histoire naturelle à Paris.

Son apport à la connaissance de la composition chimique élémentaire des plantes et des animaux fut fondamental. Il créa le mot « oligo-éléments » pour désigner les éléments chimiques présents, bien qu'à l'état de traces, dans l'analyse fine de tous les organismes.

⁶⁶ C'est-à-dire réduit en poudre fine.

⁶⁷ Deschamps, « Note sur différentes espèces de fer métallique employées en médecine », *Journal de Pharmacie et de chimie*, troisième série, t. 38, 1860, p. 250-256.

propriétés médicales les plus grandes. C'est elle qui doit être préférée par tous les thérapeutistes »⁶⁸.

En 1846, l'aluminium est donc déjà sciemment mis en œuvre dans la médication, il figure dans la « trousse médicale » du médecin sous le vocable « aluminum ».

La guerre du cuivre

En 1856, le chimiste Henri Sainte-Claire Deville⁶⁹, professeur à l'École normale supérieure où il a découvert le procédé de production de l'aluminium, prétend que ses pairs s'intéressent peu aux métaux traditionnels pour en examiner la toxicité. Cette affirmation n'est pas tout à fait juste, ou mérite en tout cas d'être nuancée. Si l'on prend le cas du cuivre, par exemple, des travaux importants ont été menés au XVIII^e siècle, et ceux, essentiels, du Dr Devergie, pour déterminer et quantifier les métaux dans le sang, datent de 1838. Le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* de Dechambre⁷⁰ constitue un ouvrage de référence dans l'histoire de la médecine, car il offre une synthèse rigoureuse de l'avancée des connaissances de la seconde moitié du XIX^e siècle. Dans son édition de 1880, un article extrêmement long de 76 pages, est consacré au cuivre, divisé en 5 paragraphes : Chimie, Pharmacie, Thérapeutique, Toxicologie et Hygiène. Il détaille le large débat qui s'est tenu tout au long du XIX^e siècle pour déterminer l'innocuité ou la toxicité de ce métal pour l'homme. L'intérêt des travaux tient aussi au fait que les médecins y appréhendent le cuivre sous toutes ses formes, métalliques et non métalliques, dans toutes les situations de confrontation – sphère publique, sphère privée, y compris l'entreprise industrielle – et par tous ses supports : les plantes, les animaux, les ustensiles de cuisine, les robinetteries et cuves, et les additifs alimentaires. L'article est rédigé par quatre auteurs : Henry-Charles Lutz⁷¹ pour le paragraphe « chimie », Émile-Eugène Burcker⁷² pour « Pharmacologie », Jean-Baptiste Fonssagrives⁷³ pour « Thérapeutique » et « Toxicologie », et Alexandre Layet⁷⁴ pour « Hygiène ».

⁶⁸ Sur les différentes qualités de fer produites en Europe sur le temps long, voir Philippe Dilmann, Liliane Pérez et Catherine Verna (dir.), *L'acier en Europe avant Bessemer*, Toulouse, CNRS – Université Toulouse – Le Mirail, collection « Méridiennes », 2011.

⁶⁹ Catherine Paquot, *Henri Sainte-Claire Deville. Chimie, recherche et industrie*, Vuibert, Paris, 2005.

⁷⁰ Amédée Dechambre (dir.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, série 1, tome 24 : CRU – CYS, Paris, G. Masson, P. Asselin, 1880.

⁷¹ Henry-Charles Lutz était pharmacien des hôpitaux de Paris et il fut doyen du Corps des pharmaciens des hôpitaux. Ses travaux portaient sur la chimie organique et il soutint une première thèse en pharmacie (1854) et une seconde en médecine (1860). Cf. sa notice nécrologique dans *L'Union pharmaceutique : journal de la Pharmacie centrale de France : organe des intérêts scientifiques, pratiques et moraux de la profession*, 1911, (A52), p 558-560.

⁷² Émile-Eugène Burcker était docteur es sciences physiques et pharmacien principal de l'armée. Il publia en 1892 un traité de toxicologie alimentaire. Émile-Eugène Burcker, *Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires et des boissons*, Paris, Doin, 1892. Cf. sa notice nécrologique dans *L'Union pharmaceutique : journal*

Les usages du cuivre dans l'alimentation sont évoqués dans le paragraphe « Toxicologie » divisé en deux sous-chapitres « Toxicologie médicale » et « Toxicologie légale ». La « Toxicologie médicale » distingue les empoisonnements par les aliments et les empoisonnements dus aux récipients. Il est fait mention du sulfate de cuivre comme additif ajouté au pain, afin de favoriser la panification, et de la question du verdissage des légumes, rapidement abordée, sans que l'on sache si elle se fait par apport de cuivre dans les aliments ou par l'usage de récipients en cuivre. C'est d'ailleurs à ce dernier problème qu'est consacré l'essentiel du développement. Dans la « Toxicologie légale », le cuivre est questionné en tant qu'élément constitutif de l'environnement et du corps humain.

« Mais une question préjudicielle doit être examinée ici. Le cuivre est un des éléments de l'organisme et dans quelle mesure faut-il tenir compte de sa présence habituelle dans l'économie pour ne pas donner aux résultats de l'expertise une signification positive ?

Le cuivre n'est pas un des éléments *nécessaire* (sic) de l'organisme, mais on l'y trouve *constamment*, introduit qu'il est journalièrement dans l'économie par l'absorption cutanée, digestive, et on peut ajouter respiratoire, puisqu'il est démontré aujourd'hui que des flammes traversant des matières cuivreuses, comme font celles des becs de gaz ordinaire, répandent des molécules de ce métal dans l'atmosphère. »⁷⁵

Dans l'énumération qui suit des aliments riches en cuivre, il est fait mention des « conserves alimentaires » et des « légumes conservés et reverdis », avec référence aux travaux de Pasteur, Galippe, Carle et Gautier. Or la raison des travaux cités dans ce long article est la recherche faite dans le cadre de la médecine légale. Confrontés à des morts suspectes, les médecins légistes cherchent des méthodes d'analyse des tissus humains et élaborent des échelles de référence vers lesquelles se tourner pour distinguer le normal du suspect. C'est dans cette optique qu'a été accompli un progrès essentiel en 1838, avec la décision de quantifier la présence du cuivre dans le corps, afin de déterminer à quel moment les médecins légistes

de la Pharmacie centrale de France : organe des intérêts scientifiques, pratiques et moraux de la profession, 1908, p. 391-392.

⁷³ Chirurgien embarqué de la Marine, Jean-Baptiste Fonsagrives fut professeur à l'École de médecine navale de Brest, puis à la faculté de médecine de Montpellier à partir de 1864. Cf. Louis Figuier et Émile Gautier, *L'Année scientifique et industrielle, vingt-huitième année (1884)*, « Nécrologie scientifique », Paris, Librairie Hachette et C^{ie}, 1885, p. 553-555. Son positionnement entre pastoriens et anti-pastoriens n'est pas clair selon l'ouvrage de Lion Murard et Patrick Zylberman, et ses traités d'hygiène, conçus pour un large public, sont très influencés par un conservatisme religieux. Lion Murard et Patrick Zylberman, *L'hygiène dans la République, op. cit.*, p. 101 et 253.

⁷⁴ Alexandre Layet était médecin principal de la Marine et professeur d'hygiène à la Faculté de médecine de Bordeaux. Cf. Alexandre Layet, *Exposé des travaux scientifiques*, Bordeaux, Impr. A. Bellier & Cie, 1885.

⁷⁵ Amédée Dechambre (dir.), *Dictionnaire encyclopédique...*, *op. cit.*, p. 340.

pouvaient être confrontés à un empoisonnement. Menée par le Dr Devergie, cette expérience est publiée en 1838 dans le *Bulletin de thérapeutique*, puis donne lieu à un article plus complet dans *Médecine légale*, en 1852, dans lequel le médecin offre les premières références dans ce domaine : 5 milligrammes de cuivre dans l'estomac d'un enfant de 8 ans, 40 milligrammes dans le canal intestinal d'un homme adulte et 60 à 71 milligrammes dans le tube digestif de femmes adultes. Ces travaux précurseurs ont ouvert une voie à d'autres recherches, dont celles de Deschamps en 1848, qui identifie la présence de métaux dans le sang humain, notamment le cuivre, le plomb et le manganèse. Le débat s'est amorcé et la polémique née du doute de certains médecins sur la toxicité réelle du cuivre a donné matière à une recherche de longue haleine.

Le sous-chapitre « Hygiène » est de loin le plus long avec 26 pages consacrées au débat sur l'innocuité ou la toxicité du cuivre. Il témoigne en soi du débat intense qui secoue à cette période la communauté des pastoriens et des anti-pastoriens⁷⁶ pour déterminer s'il faut ou non cesser de cuisiner dans des ustensiles en cuivre.

Encadré : La guerre du cuivre entre pastoriens et des anti-pastoriens

La guerre du cuivre entre pastoriens et des anti-pastoriens

La résistance d'une communauté scientifique conservatrice est forte dans bien des domaines, comme ceux de la désinfection et de la vaccination. La polémique sur le cuivre relève des mêmes mécanismes de doute et résistance au changement. L'article est un récit haletant des affirmations et contradictions de la recherche, découpé en deux paragraphes, « Hygiène professionnelle » et « Hygiène domestique », réunis sous le même intitulé. Son auteur, Alexandre Layet, figure peu connue aujourd'hui du combat hygiéniste, est acquis aux thèses pastoriennes⁷⁷. L'hygiène professionnelle donne lieu à un long développement où sont détaillées toutes les pathologies liées à la fabrication, la manipulation et la transformation du cuivre. L'étude par une observation *in situ* est l'un des chevaux de bataille des hygiénistes qui trouvent ici son illustration. L'économie domestique fait l'objet d'un développement encore plus long ; l'enjeu est en effet de taille : selon la toxicité avérée ou non, en fonction des quantités ingurgitées, c'est toute l'hygiène alimentaire qui se trouve concernée, remise en cause. Dix-sept pages retracent le débat sur l'innocuité du cuivre dans l'économie domestique : partisans et détracteurs des bassines en cuivre pour la cuisson des aliments y voient leurs points de vue et expériences détaillées. Cette source est inestimable pour comprendre le regard porté

⁷⁶ Cf. Lion Murard et Patrick Zylberman, *L'hygiène dans la République*, *op. cit.*

⁷⁷ Layet n'est cité qu'une seule fois dans l'ouvrage de Lion Murard et Patrick Zylberman, lors d'un congrès international où il intervient aux côtés d'Émile Vallin, une figure bien plus célèbre du camp pastorien. Lion Murard et Patrick Zylberman, *L'hygiène dans la République*, *op. cit.*, p. 105.

sur un métal aussi ancien que le cuivre à la fin du XIX^e siècle. Le débat, tel qu'il est rapporté, n'est pas seulement limité à la sphère scientifique : l'article est émaillé d'allusions à la méfiance qui s'est instaurée contre le cuivre, à son usage comme poison dans des tentatives de suicide ratées ou des meurtres réussis. Prudent, l'auteur ne prend pas une position très nette : il admet la valeur des traitements par métallothérapie, pourtant contestés 20 ans plus tôt, et suggère surtout que les ustensiles de cuisson en cuivre soient parfaitement nettoyés, et recommande sinon de les faire étamer. En revanche, il paraît beaucoup plus sûr de lui pour déconseiller le séjour des aliments dans une bassine en cuivre : à défaut d'être toxiques, leur goût cuivrique doublé d'une couleur verdâtre peu ragoûtante les rend impropres à la consommation.

La législation relative à l'usage des ustensiles en cuivre fait aussi l'objet d'un long développement sur les enjeux de santé publique et sur le rôle des experts dans les débats, contre certains industriels et pour la défense des « consommateurs », ainsi désignés dans le texte⁷⁸. De cette partie nous retiendrons l'usage avéré et dénoncé du cuivre comme additif dans les aliments à des fins le plus souvent frauduleuses : le sulfate de cuivre est ajouté à la fabrication des pains et biscuits, en particulier dans le nord de la France, en Hollande et en Belgique, pour favoriser sa fermentation ; mention est faite d'une intoxication grave survenue avec du pain dans une famille belge en 1844. La coloration par le sulfate de cuivre est vivement dénoncée, qu'il s'agisse du thé, de l'absinthe, des bonbons, des cornichons, des huîtres et surtout des légumes verts en conserve. L'interdiction de cette dernière pratique à l'échelle nationale est édictée pour la première fois en 1853, et promulguée de nouveau en 1860. Le fait est qu'en 1880, cette pratique, bien qu'en recul, est encore monnaie courante. Enfin, deux formes particulières méritent notre attention car elles sont au carrefour du métallique et du non métallique : l'usage des épingles en cuivre pour colorer artificiellement des aliments, en particulier le roquefort, et la mise en garde contre les emballages métalliques en cuivre, nocifs, notamment pour les bonbons et sucreries. Ces derniers font l'objet d'une attention toute spéciale, avec la publication en 1862 d'une ordonnance interdisant l'introduction à l'intérieur d'« objets de métal ou d'alliage métallique, de nature à former des composés nuisibles à la santé », et spécifiant la nature des dorures appliquées dessus : or ou argent fin, idem pour les feuilles introduites dans les liqueurs. Leur emballage est également réglementé avec

⁷⁸ Amédée Dechambre (dir.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, série 1, tome 24 : CRU – CYS, Paris, G. Masson, P. Asselin, 1880, p. 361.

l'interdiction d'utiliser des papiers colorés aux sels de cuivre et des « feuilles métalliques de bronze, de cuivre, de chrysocale, etc. »⁷⁹.

La question de la toxicité est donc très importante, et la recherche dans ce domaine trouve écho auprès du législateur. La meilleure connaissance des matériaux comme la découverte de nouveaux entrent dans cette dynamique de la recherche. L'ouvrage de Dechambre est resté un ouvrage de référence dans l'histoire de la santé. Il témoigne aussi des relations fortes entre la communauté scientifique des médecins, chimistes et hygiénistes progressistes – voire pasteurien – et le Législateur, dont il s'agit à la fois d'influencer et de relayer les décisions. Le champ de la santé ne concerne pas seulement l'étude des miasmes et des épidémies, mais c'est aussi celui de l'hygiène alimentaire et professionnelle, et de la toxicologie industrielle.

2. L'ALUMINIUM OU LE SURGISSEMENT D'UN NOUVEAU MATÉRIAU EN 1854

Si la découverte d'Henri Sainte-Claire Deville, en 1854, s'inscrit dans un processus de recherches amorcé en 1792 par Lavoisier, puis repris en 1804 par Humphry Davy, elle n'en est pas moins fondamentale, car elle permet enfin de donner corps à l'aluminium et de fabriquer des objets usuels avec ce nouveau métal. C'est en ce sens que l'aluminium peut alors être qualifié de « matériau nouveau », parce qu'il se matérialise à partir de 1854. Les scientifiques ont pourtant l'intuition de son existence depuis le XVIII^e siècle et ils en acquièrent la certitude au début du XIX^e siècle. Son appropriation par l'usager se réalise progressivement au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle avant de se généraliser après la Première Guerre mondiale⁸⁰. Si l'aluminium ne figure pas encore dans le « paysage industriel », comme l'affirme B. Bensaude-Vincent⁸¹, il est cependant présent dans le paysage scientifique à la fin du XVIII^e siècle, et surtout dans le paysage des matériaux quotidiens des usagers, sous forme de produits manufacturés, dès les années 1870-1880, en Europe comme aux États-Unis. Sainte-Claire Deville lui-même, dans son ouvrage *De l'aluminium*⁸², attache une importance toute particulière à démontrer l'innocuité du métal et ses réactions au contact de différentes substances ; il souligne ostensiblement la place qui doit être la sienne aux côtés des matériaux anciens utilisés en cuisine. Ses conclusions, renforcées par les analyses de ses pairs, sont essentielles pour le développement de l'aluminium dans les ustensiles alimentaires. Parmi les toutes premières applications, à partir de 1854, la confection d'un plat de cuisson n'est pas

⁷⁹ Amédée Dechambre (dir.), *Dictionnaire encyclopédique...*, op. cit., p. 366.

⁸⁰ Manuel Charpy, *Le théâtre des objets. Espaces privés, culture matérielle et identité bourgeoise*, op. cit. Patrick Fridenson et Florence Hachez-Leroy, *L'aluminium matière à création, XIX^e-XXI^e siècles*, Tours, PUFR, 2017.

⁸¹ Voir l'intéressante synthèse de Bernadette Bensaude-Vincent à ce propos, dans *Histoire de la chimie*, op. cit., p. 242 et suivantes.

⁸² Henri Sainte-Claire Deville, *De l'aluminium*, Paris, Mallet-Bachelier Imprimeur-Libraire, 1859.

anodine : elle signifie bien que l'un des usages du nouveau métal concerne la cuisine, et induit donc le contact avec les aliments⁸³. Cet exemple permet aussi de mettre en évidence ce qui fait la particularité de l'aluminium : celui-ci, au contact de l'air, se couvre d'une légère couche d'alumine qui le protège de la corrosion. Logiquement, cette alumine est en contact avec les aliments vers lesquels elle peut migrer. Mais l'usage de l'alumine est connu depuis l'Antiquité, en particulier au travers de l'alun, en tannerie et teinturerie⁸⁴. En France, au XVIII^e siècle, Jean-Antoine Chaptal⁸⁵ a particulièrement travaillé à son étude et à l'élaboration de procédés de fabrication satisfaisants. Autant de facteurs qui plaident en faveur de l'innocuité du nouveau métal.

2.1. L'apport de la physiologie végétale

L'identification de l'alun comme partie constituante de l'argile est attribuée à Geoffroy Jeune⁸⁶, en 1728. En 1754, le médecin allemand Andreas Sigismund Marggraf⁸⁷ montre que la base de l'alun forme un ingrédient essentiel dans les argiles et en détermine les propriétés caractéristiques, à la suite de quoi le nom d'argile a été donné à cette terre. Louis-Bernard Guyton de Morveau l'a nommée ensuite alumine⁸⁸, et le terme a été retenu pour la nomenclature des produits chimiques élaborée avec Lavoisier. Dans l'édition de 1792 de l'*Encyclopédie méthodique*, la rubrique alumine consacre un paragraphe à « De la nature intime de l'alumine », qui résume dans une première phrase l'esprit des scientifiques : « Les vœux des chimistes sont encore bien loin d'être remplis par rapport à ce qu'ils désirent savoir sur l'alumine. La nature intime de cette terre est encore entièrement inconnue comme celle des

⁸³ Florence Hachez-Leroy, « Polémique autour d'un nouveau matériau : l'aluminium dans la cuisine XIX^e-XX^e siècles », *art. cit.*

⁸⁴ Robert Halleux, *Le problème des métaux dans la science antique*, Paris, Les Belles Lettres, 1974 ; *id.*, « La nature et la formation des métaux selon Agricola et ses contemporains », *Revue d'histoire des sciences*, tome 27, n° 3, 1974, p. 211-222.

⁸⁵ Jean-Antoine Chaptal, « Observations sur la manière de former l'alun par la combinaison directe de ses principes constituants », *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1788.

⁸⁶ Thomas Thomson, *Système de chimie*, traduit de l'anglais sur la cinquième édition de 1817 par Jean Riffault, tome 1^{er}, Paris, Méquignon-Marvis, Libraire, 1818, p. 409 et suivantes.

⁸⁷ Andreas Sigismund Marggraf, *Opuscules chymiques*, tome second, Paris, Vincent Imprimeur-libraire, 1762. L'alun est abordé dans la 16^e dissertation : « Expériences qui concernent la régénération de l'alun de sa propre terre, séparée avec l'acide vitriolique ; avec quelques compositions artificielles de l'alun, par le moyen d'autres terres & dudit acide », p. 86-110 ; dans la 17^e : « Expériences sur la terre d'alun », p. 111-135 ; et dans la 18^e dissertation : « Continuation des travaux sur la terre d'alun », p. 136-175.

⁸⁸ C'est en particulier ce qui est écrit dans Antoine-François Fourcroy, Hugues Maret et Jean-Pierre-François Guillot-Duhamel (dir.), *Encyclopédie méthodique, Chimie, pharmacie et métallurgie*, tome second, Paris, Panckoucke Libraire, 1792, p. 186. Il faut ici signaler que Guyton de Morveau avait dirigé le tome I paru en 1786, mais avait dû renoncer à participer au deuxième tome, trop accaparé par ses obligations politiques. Cf. Claude Blanckaert et Michel Porret (dir.), *L'Encyclopédie méthodique (1782-1832), Des Lumières au Positivisme*, Genève, Droz, 2006.

autres matières terreuses.⁸⁹ ». Et de préciser les différentes hypothèses connues alors dont l'une, bien qu'écartée par l'auteur de la notice, est importante : « Geoffroy & Baron ont cru dans le commencement & jusqu'au milieu de ce siècle, que l'alumine étoit un oxide métallique (sic) ». La conclusion de l'article exprime en revanche le doute, « On ne peut s'empêcher de croire que l'alumine est un composé naturel ; mais ses élémens, ses principes, sont si fortement unis, ont une attraction si fortement considérable, qu'on n'a pas pu les séparer jusqu'ici les uns des autres ; peut-être, cependant, parviendra-t-on à opérer cette décomposition cette espèce d'analyse... »⁹⁰.

Théodore de Saussure, à son tour, en 1801, consacre une notice très détaillée à l'alumine dans le *Journal de physique, d'histoire naturelle et des arts*⁹¹, et y explique ses observations et méthodes de production. Trois ans plus tard, en 1804, il mentionne la présence de l'alumine dans les cendres des diverses plantes qu'il a soumises à ses expériences dans son ouvrage de référence, *Recherches chimiques sur la végétation*⁹². Cette même année 1804, Humphry Davy identifie l'aluminium. Si l'apport de Saussure dans le rôle de l'oxygène et du gaz carbonique dans la croissance des végétaux est très connu, son analyse de l'alumine constitue aussi un repère important dans la connaissance de cet oxyde dans le monde végétal. La physiologie végétale doit sa création aux travaux de Lavoisier et elle a reçu une impulsion décisive avec ceux de Saussure⁹³.

En effet, l'apport de Saussure dans la compréhension des végétaux est considérable, en particulier du point de vue de l'aluminium. Il est significatif, en effet, que cette référence soit la plus ancienne retenue, un siècle plus tard, par Charles Ford Langworthy et Peter T. Austen dans *The occurrence of aluminium in vegetable products, animal products and natural waters*⁹⁴, premier travail de compilation des connaissances sur l'aluminium dans ce domaine. Les auteurs ont considéré alors que « *Saussure's investigation is interesting chiefly from an historical standpoint* », jugement émis seulement à trois reprises dans la partie concernant les végétaux et qui comporte 408 références à des articles de revues et des ouvrages⁹⁵.

⁸⁹ Antoine-François Fourcroy, Hugues Maret et Jean-Pierre-François Guillot-Duhamel (dir.), *Encyclopédie méthodique, op. cit.*, p. 193.

⁹⁰ *Ibid.*

⁹¹ *Journal de physique, d'histoire naturelle et des arts*, tome LII, Paris, J.-J. Fuchs Libraire, 1801.

⁹² Théodore de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, Paris, V^{ve} Nyon Libraire, 1804. Les tableaux récapitulatifs des expériences, p. 338 et suiv. sont particulièrement intéressants.

⁹³ René Taton (dir.), *Histoire générale des sciences*, tome III, *La science contemporaine*, vol. 1 *Le XIX^e siècle*, Paris, PUF, 1961, p. 451 et suivantes.

⁹⁴ Charles Ford Langworthy et Peter T. Austen, *The occurrence of aluminium in vegetable products, animal products and natural waters*, New York, John Wiley & Sons, Londres, Chapman & Hall, Limited, 1904.

⁹⁵ En comparaison, la partie concernant les *Natural Waters* ne propose pas de références avant 1847.

Pour la période 1804 – 1855, 87 articles et quatre ouvrages sont consacrés à l'aluminium dans les végétaux⁹⁶. Ces travaux montrent que l'aluminium est pleinement entré dans le champ de la recherche botanique à la fin des années 1840. Après l'ouvrage de Saussure en 1804, un seul article est signalé en 1844, puis 16 en 1847. La production est néanmoins inégale selon les années : 29 références en 1850, 8 en 1851 et 79 en 1855, année la plus riche de cette période. Trente auteurs sont donc identifiés qui publient dans vingt-deux revues différentes. En tête des revues les plus citées, celles de langue allemande : *Jahresbericht der Thier-Chemie (Jahresb. Chem.)* est citée 27 fois, suivie de *Pharm. Centbl.*, citée 19 fois, *Vierteljahressch. Prakt. Chem.* (8 fois), *Jour. Prakt. Chem.* 7 fois. La plupart des 30 auteurs publient quasiment systématiquement leurs travaux dans les deux premières revues, mais plus des trois quarts d'entre eux n'ont publié qu'un seul article sur ce sujet pendant cette période. Cinq auteurs ont publié 2 articles, et seulement deux en ont publié 3⁹⁷. L'ensemble des communications faisait état des quantités d'alumine et d'Al₂O₃ – les deux termes sont utilisés indistinctement – trouvées dans les cendres des différents végétaux étudiés, avec une distinction selon les parties des plantes (feuillées, racines, fleurs, écorces...), et pour certaines de leur variation au gré des saisons. La grande proportion de travaux allemands rend compte du basculement opéré au détriment de la France, vers l'Allemagne à cette période, même si, à cette période, l'Allemagne, la Grande-Bretagne et la France reste en tête de la recherche en chimie⁹⁸.

Parmi les publications majeures, l'ouvrage de référence du chimiste allemand Leopold Gmelin, *Anorganischen Chemie*⁹⁹, consacre, dans l'édition de 1853, le douzième chapitre de 24 pages à « L'Alumium », qu'il désigne aussi sous les termes « Aluminum » et « Aluminium ». À la veille de la découverte de Sainte-Claire Deville, L. Gmelin a rédigé un bilan scientifique des connaissances concernant l'alun, l'alumine et l'aluminium, dans leur globalité. Résumant l'histoire de ce métal, il attribue à Geoffroy la découverte de l'alumine dans l'argile (1728) et celle de ses particularités à Marggraf (1754). Pour l'aluminium, c'est à Ørsted que revient la réussite de la préparation du chlorure d'aluminium, laquelle permet à Wöhler de réaliser la séparation de l'aluminium. Ce résumé rapide de l'histoire de l'aluminium fait référence à – et reprend en grande partie –, l'article de Wöhler, « Über das Aluminium »¹⁰⁰, paru en 1827.

⁹⁶ Charles Ford Langworthy et Peter T. Austen, *The occurrence of aluminium, op. cit.*

⁹⁷ Il s'agit de Georg Christian Wittstein (1810-1887) et Ed. Reichardt, mais nous n'avons pas retrouvé d'informations biographiques les concernant qui nous permettent de conclure à l'existence de spécialistes de l'alumine à cette époque.

⁹⁸ Ernst Homburg, « Two factions, one profession : the chemical profession in German society 1780-1870 », in David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of the Chemist*, p. 39-76. Walter Wetzel, « Origins of and education and career opportunities for the profession of 'chemist' in the second half of the nineteenth century in Germany », *ibid.*, p. 77-94.

⁹⁹ Leopold Gmelin, *Handbuch der anorganischen Chemie, Leichte Metalle und spröde unedle schwere Metalle*, Zwei Bände, Heidelberg, Universitäts – Buchhandlung von Karl Winter, 1853.

¹⁰⁰ *Annalen der Physik und Chemie*, tome 11, 1827, p. 146-161.

L'aluminium est donc appréhendé par Gmelin sous toutes ses formes, métalliques et non métalliques, et selon sa provenance ou sa localisation, minérale ou végétale.

Dans cette double approche de Gmelin sur l'alumine et l'aluminium, la physiologie végétale n'est qu'un des aspects de la connaissance en cours de construction et rend en partie compte de la perception ou de l'état de connaissance du métal, dans sa globalité, par ses contemporains. Gmelin témoigne d'un travail amorcé par les chimistes à partir de Lavoisier et introduit, en 1853, la notion de métaux légers (*Leichte Metalle*) au côté des métaux lourds (*Schwere Metalle*).

Avec le procédé de production mis au point par Henri Sainte-Claire Deville, la matérialité de l'aluminium est acquise. Il n'y a plus de doute possible sur son existence et sa présence dans la croûte terrestre. Les recherches pour connaître la place de l'aluminium dans le monde végétal connaissent alors une véritable accélération à partir de 1855, dans le mouvement de développement de la physiologie végétale. Elles conduisent, dès cette époque, à quantifier la proportion d'aluminium dans le sol et à examiner son utilité pour la croissance des plantes. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces recherches, qui aboutissent, vers 1910, à l'obtention d'une liste de 13 corps simples indispensables à la vie végétale¹⁰¹. L'aluminium en est exclu, à l'inverse du fer, du zinc ou du magnésium. Cette exclusion est importante car elle contribue à développer la compréhension du rôle de l'aluminium.

2.2. L'appropriation par la médecine et la pharmacopée

La convergence des travaux entre physiologie végétale, toxicologie, recherche médicale et chimie pour déterminer l'innocuité de l'aluminium est fondamentale.

Cette osmose s'affirme notamment dans le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*¹⁰², ouvrage de référence auquel de nombreux savants apportent leur contribution, dont Henri Sainte-Claire Deville. L'article Aluminium comporte 10 pages, dont quatre concernent ses aspects chimiques, une la pharmacologie, et sept la thérapeutique. Il est suivi de celui sur l'alun, auquel 22 pages sont consacrées. Quels sont les usages thérapeutiques de l'aluminium en 1865 ? La réponse exprime une certaine déception : « L'aluminium n'a pas encore reçu en médecine d'application durable. » Son emploi a pourtant été tenté dans

¹⁰¹ Azote, phosphore (G. Ville, 1853-1860), soufre (Birner et Lucanus, 1866), calcium (Salm-Hortmar, 1856), potassium (Birner et Lucanus, 1865 ; Nobbe, 1870), magnésium (Saussure, 1804 ; von Raumer, 1883 ; Wilstaetter, 1906), fer (Gris, 1843-1844 ; Raulin, 1869), zinc (Raulin, 1859), manganèse (G. Bertrand, 1897, 1905), bore (Agulhon, 1910). René Taton (dir.), *Histoire générale des sciences, tome III, La science contemporaine, vol. 1, op. cit.*, p. 463.

¹⁰² Dechambre Amédée (dir.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales, op. cit.*

l'appareillage dentaire, mais ce fut un échec « en raison de l'altération rapide que subit le métal au contact des chlorures alcalins contenus dans la salive ». Idem pour les instruments chirurgicaux : « les résultats pratiques n'ont pas été satisfaisants, par suite de la difficulté de travailler et de souder le métal ; quelques pièces seulement se fabriquent encore en *bronze d'aluminium*. (sic) » Neuf lignes seulement sont donc consacrées à l'aluminium sous forme métallique dans les applications thérapeutiques et ne concernent, finalement, que du matériel médical. En revanche, le reste de l'article détaille « les composés à base d'aluminium employés en médecine ». Ceux-ci sont divisés en quatre catégories : l'oxyde d'aluminium (alumine pure ou hydratée), les argiles, les sels simples et les sels doubles (les aluns) dont le détail est renvoyé à l'article « Alun ». La notice souligne l'usage nouveau de l'alumine pure dans le traitement des diarrhées et dysenteries – « De nos jours seulement on a songé à l'appliquer au traitement de quelques maladies » ; en y regardant de plus près, la référence mentionne des travaux cités dans un ouvrage de 1829, l'un des tous premiers à se prévaloir de réunir dans un seul dictionnaire la matière médicale et la thérapeutique générale¹⁰³. Reste qu'en 1865 des réserves vont être émises sur la « constance du succès » de cet usage. L'hydrate d'alumine est mentionné pour son usage lui aussi nouveau, sous forme de cataplasme afin d'adoucir des tissus enflammés. À l'inverse l'emploi des argiles, désignées sous les termes de terres bolaires ou sigillées, semble, à cette date, faire l'objet d'un désintérêt de la part des médecins. L'auteur, lui, prône la valeur de ce traitement en interne ou en externe et insiste sur la théorie du docteur Louis Mialhe¹⁰⁴, laquelle repose sur l'absorption de terre alumineuse : l'action des sucs gastriques contribue à produire des sels aluminiques, puis des sous-sels aluminiques insolubles dont l'action permet de combattre les diarrhées. L'auteur, sans adhérer pleinement à cette théorie, défend néanmoins l'idée d'une « double action astringente et obturante des poudres bolaires ».

Enfin, il existe un élément de différenciation important entre les deux articles aluminium et alun : les références citées sont toutes très récentes pour l'aluminium, soulignant le développement des usages contemporains de cette substance, tandis qu'elles renvoient à des travaux très anciens pour l'alun, dont l'usage est réputé remonter à l'Antiquité ; d'un côté l'innovation, de l'autre la tradition, sans mise à jour des connaissances ou remise en question de l'usage.

¹⁰³ François Victor Mérat de Vaumartoise et Adrien Jacques de Lens, *Dictionnaire universel de matière médicale et thérapeutique générale, contenant l'indication, la description et l'emploi de tous les médicaments connus dans les diverses parties du globe*, tome premier, Paris, J.-B. Baillière Maquignon-Marvis, Gabon libraires-éditeurs, 1829.

¹⁰⁴ Le docteur Louis Mialhe, pharmacien de l'Empereur, avait développé cette théorie favorable à l'alumine dans la *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, Paris, Librairie de Victor Masson, 1856, p. 257-260. Cf. René Weitz et Pierre Julien, « A propos de Louis Mialhe », *Revue d'histoire de la pharmacie*, 59^e année, n° 211, 1971. p. 550.

L'aluminium dans le *Codex seu Pharmacopoea*

L'aluminium entre très progressivement dans le *Codex seu Pharmacopoea*. Le Codex a été pensé comme un outil de référence à usage des médecins et pharmaciens, dont la première version remonte à 1638. Il est le support de la normalisation et de la régulation à l'échelle nationale à partir de 1818 et le *Codex seu Pharmacopoea gallica jussu Regis optimi et ex mandato Summi Rerum Internarum Regni administri* est imposé à tout le royaume¹⁰⁵. Il s'agissait alors de donner des informations fiables sur la nature et la valeur thérapeutique des substances utilisées pour guérir. La première édition est rédigée en latin, tandis que la deuxième, en 1837, l'est en français. On note, dès la première version, la mention du sulfate d'alumine parmi les minéraux. La troisième édition a paru près de trente ans plus tard, en 1866, et témoigne du temps nécessaire pour mener à bien une telle mise à jour¹⁰⁶. La Société de pharmacie est chargée de cette refonte en 1860, et elle met en place une commission permanente pour la réaliser et réfléchir aux améliorations à y apporter. Celle-ci décide notamment la création d'une commission spéciale sur les oxydes métalliques : 20 oxydes métalliques sont inscrits au Codex en 1862 ; la révision de ce dernier porte leur nombre à 41. 12 métaux sont concernés, utilisés sous des formes variées – oxyde hydraté en gelée ou oxyde déshydraté pour le fer, par exemple – et les oxydes d'argent et de cuivre, absents en 1837, y sont introduits.

Dans la version de 1866, l'aluminium ne figure pas encore en tant que tel, alors que d'autres métaux sont cités comme le zinc, le fer ou le cuivre. Le sulfate d'alumine et la poudre d'alun, qui entrent dans la composition de certains remèdes comme les escarotiques¹⁰⁷, s'y trouvent. Le sulfate d'alumine est indiqué dans la composition de la Pierre divine. Dans cette catégorie, figure aussi la recette des « Trochisques escarotiques avec le minium », à base de mercure et de plomb, deux composés particulièrement toxiques. L'aluminium apparaît en revanche dans l'édition de 1883, dans le tableau des corps simples, mais aucun détail n'est donné sur son aspect métallique, au contraire des autres métaux. Les mentions de l'alun et du sulfate d'alumine sont similaires à l'édition précédente. Une application utilise quand même l'alun : les pilules alunées d'Helvétius, à base d'alun pulvérisé, de sang-dragon en poudre et de miel, mais dont l'objectif thérapeutique n'est pas indiqué. Il faut attendre l'édition de 1908 pour que le terme « Aluminium » figure dans la table des matières du *Codex medicamentarius*, et que le sulfate d'aluminium et non plus le sulfate d'alumine soit mentionné. L'aluminium ne dispose

¹⁰⁵ Jean-Claude Dousset, *Histoire des médicaments, des origines à nos jours*, Nice, Les éditions Ovadia, 2010.

¹⁰⁶ Les éditions suivantes furent publiées en 1883, 1908, 1949, 1969 et 1972.

¹⁰⁷ *Codex medicamentarius. Pharmacopée française rédigée par ordre du gouvernement*, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1866, p. 650.

pas pour autant d'une description similaire à celle du zinc ou de cuivre. Une vingtaine d'occurrences du mot aluminium peuvent être relevées contre une seule en 1883.

L'usage de l'aluminium dans la pharmacopée, avant 1854, est important, comme l'accélération des travaux en physiologie végétale après cette date. L'ensemble souligne que le métal n'apparaît pas brutalement dans le champ scientifique et qu'il n'est pas perçu non plus comme *a priori* inoffensif. Les questionnements dont il est l'objet se retrouvent pour les autres métaux, dont les usages en cuisine sont possibles. La question de l'innocuité est bien essentielle dans les recherches scientifiques de cette période.

2.3. Le doute comme moteur de la connaissance du métal

Le débat sur la nature de l'aluminium : un pas de deux relayé au jour le jour

Déterminer la nature de l'aluminium, ses caractéristiques et qualités, les formes de sa matérialité a été l'objet d'un débat scientifique nourri où le doute a permis de construire progressivement une connaissance plus juste du métal. Ce débat a eu la particularité d'être relayé par un journal au rôle à la fois novateur et ambitieux, qui n'est pas sans présenter quelques particularités avec des approches contemporaines dans la mise à disposition de la connaissance la plus large et rapide possible pour tous : le précieux *Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, publié par le baron André de Férussac¹⁰⁸. L'ambition de Férussac par cette publication est alors de construire une sorte de base de données cumulative des connaissances scientifiques de son temps en langue française et de participer ainsi aux progrès de la connaissance, qualifiant lui-même cet outil de « répertoire périodique conçu sur des bases nouvelles ». Publié à partir de 1822, le *Bulletin* a cessé sa parution en 1831, en ayant contribué à la publication d'une masse considérable d'articles et de comptes rendus de sociétés savantes de toutes les communautés scientifiques à l'échelle internationale.

Pour ce qui est de l'aluminium, le *Bulletin* a ainsi concouru à faire connaître les travaux du Suédois Ørsted (1825) et ceux de Wöhler (1828). Dans le tome V de 1826, la publication en français du compte rendu de la séance du 18 février 1825 de la Société royale des sciences de Copenhague a permis aux contemporains d'apprendre qu'Ørsted avait annoncé avoir « réussi à produire une combinaison entre le chlore et l'aluminium ». A la séance du 25 mai 1825, Ørsted « conclut que l'aluminium est bien un métal ». L'aluminium venait enfin d'acquérir le statut de

¹⁰⁸ André d'Audebard, baron de Férussac (1786-1836), cf. Bernard Bru et Thierry Martin, « Le baron de Férussac, la couleur de la statistique et la topologie des sciences », *Journ@l électronique d'histoire des probabilités et des statistiques*, vol. 1, n° 2, novembre 2005.

métal. L'affirmation est essentielle. 120 pages plus loin, un article d'Ærsted¹⁰⁹ « Extraction de l'aluminium », publié en 1825 à Copenhague, est traduit, apportant des précisions sur le procédé d'extraction et de la prudence sur le résultat obtenu : « une masse métallique », et « ce serait l'aluminium ». La forme métallique de l'aluminium est avérée une nouvelle fois, sans que l'on connaisse encore les propriétés du nouveau métal : « l'auteur a trouvé dans l'amalgame d'aluminium et dans l'aluminium des propriétés remarquables qui ne lui permettent pas de considérer ses expériences comme terminées ; elles promettent, au contraire, des résultats importants ».

En 1827, Wöhler reprend les travaux d'Ærsted et en publie les résultats dans son article « Über das Aluminium »¹¹⁰. Traduit sous le titre « Sur l'aluminium »¹¹¹, l'article est à son tour publié sous une forme en partie résumée dans le *Bulletin* en 1828. L'auteur y fait référence aux travaux de Sir Humphry Davy, le premier à avoir obtenu le radical de l'alumine, mais, ajoute-t-il en ayant présenté les expériences de Davy, « dans les deux cas, il ne lui fut pas possible de séparer le métal réduit du reste de la masse, de sorte qu'il ne put pas examiner ses qualités »¹¹². Puis il évoque Ærsted, qui a obtenu un amalgame d'aluminium (*ein Amalgam von Aluminium*) en traitant du chlorure d'aluminium par un alliage de potassium. Ayant reproduit l'expérience d'Ærsted, Wöhler a estimé alors que la masse métallique obtenue « paraît avoir été du potassium ». L'article est ensuite divisé en sept parties de tailles inégales¹¹³ : la première est consacrée au nouveau procédé de production du chlorure d'aluminium suivi par Wöhler, et la deuxième à l'Aluminium métallique (*Metallisches Aluminium*). Le procédé de réduction y est explicité, mais il a abouti à la production d'une « poudre grise qui, examinée de près, surtout au soleil, paraît uniquement formée de petites écailles métalliques ». La suite de l'article est consacrée aux propriétés chimiques du métal, dans la mesure où seule une forme pulvérulente a été obtenue : Wöhler s'attache à étudier les formes de combinaisons chimiques possibles. Les qualités chimiques du métal sont étudiées : « Chauffé à l'air jusqu'à l'incandescence, il prend feu et, brûle avec grand éclat... Quand l'oxygène est pur, l'aluminium y brûle avec un éclat que les yeux peinent à supporter »¹¹⁴. La lecture de l'article souligne le fait que l'aluminium n'a pas une apparence métallique évidente, si l'on s'en tient à la description de Wöhler :

¹⁰⁹ « Extraction de l'aluminium, par M. Ærsted », *Bulletin des sciences mathématiques*, tome V, 1826, p. 275-276, faisant référence à Ærsted, « Oversigt over det K. danske Videnskab. », *Selskabs forhandl.*, 1825.

¹¹⁰ Friedrich Wöhler, « Über das Aluminium », *Annalen der Physik und Chemie*, t. 11, 1827, p. 146-161.

¹¹¹ « Sur l'aluminium ; par M. Wöhler », *Bulletin des sciences mathématiques...*, tome 9, 1828, p. 200-204, traduit de « Über das Aluminium », *Annalen der Physik und Chemie*, tome 11, 1827, p. 146-161.

¹¹² « Aber in beidem Fällen gelang es ihm nicht, das reducirte Metall von der übrigen Masse zu trennen ; er konnte also dessen Eigenschatzen nicht untersuchen. », « Über das Aluminium », p. 146.

¹¹³ 1/ Chlorure d'aluminium, 2/ Aluminium métallique, 3/ Sulfure d'aluminium 4/ Phosphure d'aluminium, 5/ Séléniure d'aluminium, 6/ Arséniure d'aluminium et 7/ Tellure d'aluminium.

¹¹⁴ « Sur l'aluminium »..., *art. cit.*, p. 202 et « Über das Aluminium »... *art. cit.* p. 155.

« La poudre de ce métal ressemble à celle du platine ; il se présente quelque fois sous forme de masses spongieuses qui, en quelques endroits, offrent un éclat blanc métallique ; le frottement lui communique encore ce même éclat ».

Difficile, dans ces conditions, de supposer de possibles usages au nouveau métal, ce dont rendit compte Thenard dans l'édition de 1837 de la *Chimie élémentaire*.

Interrompue en 1831, la publication du *Bulletin* n'a pas pu rendre compte de la seconde série de travaux de Wöhler, dont Sainte-Claire Deville a toujours affirmé avoir ignoré l'existence quand il avait entrepris ses propres travaux, ce qui paraît tout à fait plausible. Ces nouveaux travaux, menés en 1845, n'ont rien apporté de plus à de possibles usages de l'aluminium. Si Wöhler a complété son analyse du métal, avec quelques erreurs faute de produire un métal assez pur, il n'est parvenu à obtenir qu'une « poudre grise » et quelques « têtes d'épingles » d'apparence stanneuse¹¹⁵. Il est resté dans l'incapacité à projeter des usages pour ce métal. Neuf ans plus tard, Sainte-Claire Deville est parvenu à produire, dans son laboratoire, des quantités significatives d'aluminium ouvrant la voie à sa matérialité et sa matérialisation par l'objet.

La matérialisation de l'aluminium via Sainte-Claire Deville

La réussite de Sainte-Claire Deville a fait l'objet d'une diffusion soigneusement orchestrée où sont intervenus les plus grands scientifiques de l'époque. Les recherches ont abouti dans l'hiver 1853-1854, et ont fait l'objet d'une première communication¹¹⁶ à la séance de l'Académie des sciences de Paris du 6 février 1854, à l'issue de laquelle l'Académie a décidé d'octroyer une aide financière à Sainte-Claire Deville. En mars 1854¹¹⁷, celui-ci a pu faire présenter pour la première fois une lame d'aluminium devant la même Académie, spécifiant, dans la lettre d'accompagnement, que des essais avaient été réalisés sur le métal depuis trois mois.

Lors de la séance de l'Académie des sciences de Paris du 14 août 1854, le résultat des travaux de Sainte-Claire Deville et des échantillons d'aluminium produits par ses soins ont été présentés par Jean-Baptiste Dumas. Un certain nombre de savants avaient déjà assisté aux expériences, dont Thenard, Boussingault, Pelouze, Peligot, et de la Rive. D'autres avaient reçu un échantillon de métal, comme le chercheur allemand Liebig : cet envoi était d'autant plus

¹¹⁵ Friedrich Wöhler, « Zur Kenntnis des Aluminiums », *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Band LIII, 1845, p. 422-426 : « Les observations suivantes doivent être considérées comme un complément à ce que j'ai dit précédemment sur ce métal. La réduction est intervenue plus tôt après le processus, à partir du chlorure d'aluminium sur le potassium. [...] On obtient de l'aluminium sous la forme d'une poudre métallique grise. Mais à l'examen plus approfondi, vous remarquez, même avec les yeux seulement, une masse fondue, des boules en métal stanneuses, dont certaines ont parfois la taille d'une tête d'épingle plus épaisse. » (traduction de l'auteure)

¹¹⁶ Sainte-Claire Deville, « De l'aluminium et de ses combinaisons chimiques », 1854, *art. cit.*

¹¹⁷ Sainte-Claire Deville, « Note additionnelle pour servir de complément au précédent mémoire », 1855, *art. cit.*, p. 34.

stratégique que, outre ses qualités de chimiste mondialement reconnues, dont une compétence dans le champ de l'alimentation, Liebig était aussi un proche de Wöhler. Enfin, deux autres scientifiques ont assuré la promotion du procédé par des démonstrations pratiques publiques : Balard à la Sorbonne et Frémy à l'École polytechnique¹¹⁸. La découverte n'est pas restée cantonnée à la capitale puisque l'on retrouve également trace de l'aluminium dans les académies des sciences de province, comme celle de Rouen, où des échantillons d'aluminium ont été présentés en août 1855. L'auteur de cette communication, Jean Girardin¹¹⁹, les avait reçus après une visite à l'usine de Javel : « Les échantillons présentés par M. J. Girardin lui avaient été remis par le savant M. Deville lui-même, qui accueille avec tant d'affabilité ses confrères de la province »¹²⁰. Sainte-Claire Deville a aussi assuré la diffusion de ses travaux vers le Nouveau Continent. En 1854, *The Mining Journal* rapporte les propos de Henry Wurtz tenus lors d'un meeting de la New Jersey National History Society. Le texte de Wurtz conforte l'idée d'un changement de perception vis-à-vis du métal, en cours de progression, grâce à l'invention de Sainte-Claire Deville :

« Il a réussi à obtenir de l'aluminium pur en masses considérables, et à vérifier soigneusement ses propriétés. [...] On peut sans risque prévoir, selon les propos de Deville, et ils ont été confirmés par une Commission désignée par l'Académie des Sciences française pour examiner cette question, qu'une partie d'entre nous ici présents pourra vivre assez pour manger avec des fourchettes et des cuillères en aluminium, dans des plats en aluminium, des aliments cuits dans des récipients en aluminium sur un fourneau en aluminium, et probablement, en étant assis sur des chaises en aluminium dans des maisons ou sur des bateaux composés de ce même métal. »¹²¹

¹¹⁸ « J'ai eu l'avantage, au printemps dernier, de mettre sous les yeux de M. Liebig une petite masse métallique de 5 à 6 grammes réduite par la pile, procédé dont je ne faisais mystère à personne. Dans le courant de cet été, M. Dumas, dans un discours qui a été imprimé, annonçait à la Société d'Encouragement que j'étais parvenu à obtenir l'aluminium par la pile. Enfin, M. Balard, à la Sorbonne, M. Fremy, à l'École polytechnique, ont répété devant le public mes expériences, et les ont publiées dans tous leurs détails » : Henri Sainte-Claire Deville, « Préparation de l'aluminium », *Compte rendu de l'académie des sciences*, 1854, 2^e semestre, T. XXXIX, n° 12, p. 535.

¹¹⁹ Jean Girardin était chimiste, spécialiste de chimie agricole. Professeur de chimie à Rouen puis à Lille, il fut ensuite doyen de la faculté de Rouen puis recteur de Clermont-Ferrand. Il fut directeur de l'École préparatoire à l'Enseignement supérieur de Rouen (1873-1882).

¹²⁰ « Rapport sur les travaux de la classe des sciences de l'académie, pendant l'année 1854-1855, par M. J. Girardin, secrétaire de cette classe. », *Précis analytique des travaux de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen pendant l'année 1854-1855*, Séance publique de l'académie des sciences, belles-lettres et arts de Rouen, tenue le 10 août 1855, Rouen, Imprimerie Alfred Péron, 1855, p. 112.

¹²¹ La suite du propos fait état des échanges de lettres entre Deville et Wöhler, et du fait que Wöhler admettait la future utilité de l'aluminium dans les arts. Figure ensuite la retranscription des propos tenus par Deville lui-même devant l'Académie des Sciences. *The Mining Magazine devoted to Mines, Mining Operations, Metallurgy, &c.*, Volume Three, From July to December 1854, p. 234

La description des usages rendus imaginables était significative : en tout premier lieu venaient les objets du quotidien alimentaire (couverts et vaisselles), puis un siège, la maison et le bateau. Matérialiser le métal en le projetant dans l'objet familier était aussi un moyen de se l'approprier.

L'innocuité au centre des débats

Outre la mise au point fondamentale du procédé de production, la question de l'innocuité de l'aluminium est centrale dans les propos de Sainte-Claire Deville comme dans ceux de l'ensemble de la communauté scientifique. Cela est d'autant plus nécessaire pour lui que ses résultats sont en partie différents de ceux de Wöhler, qui faisaient jusque-là référence. La démonstration du scientifique est précise : outre le détail du procédé¹²² mis au point et sur lequel nous ne nous attarderons pas, il s'attache à démontrer l'inaltérabilité de l'aluminium, comparable à celle des métaux précieux, et insensible à l'air comme à l'eau.

« Les propriétés chimiques de l'aluminium doivent le faire considérer comme un des métaux les plus inaltérables, intermédiaire, sous ce rapport entre les métaux précieux et les métaux communs. Ainsi l'air, et par suite l'oxygène, ne lui font subir aucune altération sensible : il résiste à cet agent à la température la plus élevée que j'aie pu produire dans un fourneau de coupelle, température bien supérieure à celle que l'on emploie dans les essais d'or. [...] L'eau n'a aucune action sur l'aluminium, ni à la température ordinaire, ni à la température de l'ébullition, ni même à une température rouge sombre, voisine du point de fusion du métal. »¹²³

Sa conclusion est très ferme et elle affirme à la fois l'innocuité absolue du métal et son avenir comme métal usuel, adapté aux usages de la vie domestique :

« *Conclusion.* Des faits que contient ce Mémoire, je conclus que l'aluminium est un métal susceptible par ses propriétés curieuses, par son inaltérabilité à l'air, à l'air souillé d'hydrogène sulfuré, par sa résistance à l'action des acides autres que l'acide chlorhydrique, par sa fusibilité, par la beauté de sa couleur et ses propriétés physiques, pour lesquelles il est permis de le comparer à l'argent, de devenir un métal usuel. Sa densité, si faible qu'elle égale à peine celle du verre, lui assure des

¹²² Jean Plateau et Thierry Renaux, *L'aluminium et Paul Morin au Moulin noir. Un maire pour Nanterre, un métal pour l'industrie 1857-1890*, Nanterre, Bulletin de la Société d'histoire de Nanterre, n° 39, 2007. Jean Plateau, « Ce que l'aluminium doit à Henri Sainte-Claire Deville. Éclaircissements sur des travaux controversés », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n° 32-33, p. 29-50 ; *Id.*, « L'aluminium par le procédé Sainte-Claire Deville (1854-1889) Où, quand à quel prix, combien, pour quoi faire ? », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n° 26. Plateau Jean et Nichols Sarah, « Le livre d'or de l'usine de la Glacière, 1856 », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n° 28, p. 7.

¹²³ Sainte-Claire Deville, « Recherches sur les métaux et en particulier sur l'aluminium et sur une nouvelle forme de silicium », 1855, p. 12.

applications spéciales. Intermédiaire entre les métaux communs et les métaux précieux, par certaines de ses propriétés, il est supérieur aux premiers dans les usages de la vie domestique, par l'innocuité absolue de ses combinaisons avec les acides faibles, due principalement à leur instabilité sous l'influence d'une faible chaleur. »¹²⁴

L'allusion aux usages alimentaires n'est pas un hasard : la recherche de nouveaux matériaux sains, comme la recherche sur l'innocuité des matériaux anciens, aptes à résoudre les problèmes d'hygiène publique, est une préoccupation importante pour les contemporains.

Un an plus tard, Sainte-Claire Deville, dans un second article, expose le résultat de ses travaux réalisés depuis la dernière publication, notamment les quatre mois passés dans un hangar fermé de l'usine de produits chimiques de Javel, grâce au soutien financier de l'empereur Napoléon III. Dans son « Mémoire sur la fabrication du sodium et de l'aluminium »¹²⁵, Sainte-Claire Deville, à l'Académie des sciences, confirme son point de vue précédent :

« Je ne doute pas, en effet, aujourd'hui que l'aluminium ne devienne tôt ou tard un métal usuel. [...] Bien plus, son inaltérabilité et son innocuité parfaites ont pu être expérimentées, et l'aluminium a subi ces épreuves mieux encore que je ne pouvais le prévoir. [...] »¹²⁶

Dans cette démonstration, la comparaison aux autres métaux est fondamentale, tant pour valoriser les qualités propres à l'aluminium que pour relativiser la connaissance chimique des autres matériaux. Ce dernier point est très important.

« Son innocuité absolue en permettra l'emploi dans une foule de cas où l'étain présente des inconvénients à cause de la facilité extrême avec laquelle ce métal est dissous par les acides organiques. Du reste, on a peu étudié le degré de résistance qu'opposent à nos agents les plus communs les métaux que nous employons le plus fréquemment. »

Cet argument *a contrario* est révélateur du doute scientifique tel qu'il pouvait s'exprimer face aux progrès rendus possibles par les connaissances chimiques.

¹²⁴ Sainte-Claire Deville, « Recherches sur les métaux et en particulier sur l'aluminium et sur une nouvelle forme de silicium », 1855, p. 33.

¹²⁵ Henri Sainte-Claire Deville, « Mémoire sur la fabrication du sodium et de l'aluminium », 1856.

¹²⁶ *Ibid.*, p. 416.

Comme lors de son premier article, Sainte-Claire Deville a veillé à faire examiner le métal obtenu par ses pairs : Charles Wheatstone¹²⁷ à Londres et Anatole Hulot¹²⁸ à Paris. D'autres scientifiques comme Victor Regnault¹²⁹ et Alphonse Salvetat¹³⁰ avaient insisté pour obtenir du métal à des fins d'analyses, ce qui avait contrarié Sainte-Claire Deville mais montrait l'intérêt suscité par l'invention. Ses réticences peuvent être comprises lorsque l'on constate que V. Regnault dans ses cours de chimie publiés en 1861 et 1869, dans lesquels il consacre à chaque fois un chapitre à aluminium, n'évoque pas du tout les travaux de Sainte-Claire Deville¹³¹. Tout juste conclut-il à l'avenir du métal dans les arts. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que ces travaux ont été menés dans des conditions très difficiles, ce que relate avec précisions le savant, notamment en raison de la chaleur et des émanations liquides et gazeuses toxiques produites. La difficulté principale a résidé dans l'obtention d'un métal pur, ce qui n'a pas été obtenu de suite ni régulièrement.

L'invention de Sainte-Claire Deville a donc permis de franchir un pas considérable, ce dont un certain nombre de ses contemporains a eu conscience immédiatement. D'autres ont cherché à minimiser la portée de ses travaux, notamment par l'apparition de procédés concurrents¹³².

Du « métal noble » à la « brillante inutilité »

La question de l'usage de l'aluminium dans l'alimentation est sujette à controverse dès cette période, si l'on s'en rapporte à un échange épistolaire entre Le Chatelier et Sainte-Claire Deville. Ce dernier justifie certains résultats négatifs par l'emploi de métal impur, provenant des années où le procédé n'était pas encore maîtrisé. La présence de cuivre a biaisé les analyses et des doutes ont été émis sur l'utilisation de l'aluminium dans l'alimentation. En 1858, le

¹²⁷ Charles Wheatstone était un physicien anglais qui fit beaucoup de découvertes dans le champ de l'optique, de l'acoustique et de l'électricité. Brian Bowers, *Sir Charles Wheatstone, 1802-1875*, Londres, Science Museum, 2001.

¹²⁸ Vraisemblablement, il s'agit d'Anatole Hulot, chef de la fabrication des timbres-poste à la Monnaie de Paris, connu pour maîtriser la technique de la galvanoplastie.

¹²⁹ Victor Regnault était professeur de chimie à l'École polytechnique et au Collège de France, et membre de l'Académie des sciences.

¹³⁰ Il s'agit sans doute d'Alphonse Salvetat, chimiste à la manufacture impériale de Porcelaine de Sèvres.

¹³¹ Dans le chapitre qu'il consacre à l'aluminium dans la sixième édition de son *Cours élémentaire de chimie* en 1869, Regnault n'évoque pas du tout les travaux d'Henri Sainte-Claire Deville, et reste au stade de la poudre d'aluminium obtenue par Wöhler. Henri Victor Regnault, *Cours élémentaire de chimie*, 3 volumes, Paris, Victor Masson et Fils et Garnier Frères, 1869, p 648-661. En revanche, dans *Premiers éléments de chimie*, publié en 1861, il précise que « l'aluminium est un métal blanc, semblable à l'argent », il en donne le mode de production et les caractéristiques physiques. Néanmoins, il indique seulement en note de bas de page que « l'aluminium a été isolé pour la première fois par M. Wœlher ». Sa conclusion est peu enthousiaste : « L'aluminium recevra certainement par la suite, des applications importantes dans les arts, si l'on parvient à le préparer économiquement ». Henri Victor Regnault, *Premiers éléments de chimie*, Paris, Victor Masson et Fils et Garnier Frères, 1861, p. 377 et suivantes.

¹³² Sainte-Claire Deville faisait par exemple référence aux travaux anglais du Dr Percy, présentés le 30 mars 1855 à Londres : celui-ci affirmait être parvenu à obtenir de l'aluminium à partir de la cryolite (un fluorure double d'aluminium et de sodium) et à réaliser des alliages.

vulgarisateur scientifique Louis Figuier¹³³ a rendu compte de ce climat et du décalage qui existait à ses yeux entre le métal de laboratoire, présenté en 1855 à l'Exposition universelle, et la situation industrielle de 1856, « qui n'a pas fait de progrès sérieux ». Le journaliste, pourtant fervent soutien du nouveau métal en 1855, relaye l'ambivalence de ses contemporains ; le métal est jugé noble – « l'aluminium était, au contraire, une substance capable de résister, comme les métaux nobles, c'est-à-dire comme l'or, le platine et l'argent, à l'influence de tous les agents d'oxydation » – mais son éclat est décevant pour la bijouterie – « ces bijoux, qui rivalisent difficilement, par l'éclat, avec l'argent, justifient mal, selon nous, un si haut prix » – de même que sa mise en œuvre industrielle – « une association financière de savants n'est pas précisément le Pactole »¹³⁴. Seule l'industrie parisienne des objets de fantaisie parvient à tirer partie des qualités du nouveau métal. Figuier est tout aussi partagé quant aux emplois dans les ustensiles de ménage : l'aluminium, très cher, est attaqué par les matières alcalines, ce qui a pour effet de diminuer progressivement le poids, donc la valeur des objets. L'argument économique prévaut ici largement sur le point de vue sanitaire :

« Sans doute une faible quantité d'aluminium cédée aux matières alimentaires par les ustensiles, et couverts faits avec ce métal, n'exercerait aucune action fâcheuse sur l'économie, puisque les sels d'alumine sont tout à fait inoffensifs ; mais il en résulterait au moins une usure partielle de ces objets métalliques ; et ceux qui consentiraient sans trop de déplaisir à avaler chaque jour une partie de leur casserole ou de leur cuiller y regarderaient à deux fois *au prix où est l'aluminium* (sic) ». ¹³⁵

Et Figuier de conclure avec prudence :

« Si, contre toute probabilité, l'insuccès attendait cette dernière tentative, on pourrait dire que la découverte de l'aluminium n'aurait été, en dépit des promesses contraires, qu'une brillante inutilité. »¹³⁶

Cette analyse propose un jugement nuancé, soulignant la variété des usages de l'aluminium et relativisant le succès dès les premières années de l'apparition du métal¹³⁷. La distinction faite

¹³³ Lise Andries (dir.), *Le partage des savoirs, XVIII^e-XIX^e siècles*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 2003. Bruno Béguet, *La Science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914*, Paris, Bibliothèque du Conservatoire national des arts et métiers, 1990. Fabienne Cardot, « Louis Figuier et l'électricité : un exemple de vulgarisation scientifique dans la deuxième moitié du XIX^e siècle », *La France des électriciens*, Paris, PUF, 1985. Fabienne Cardot, « Le théâtre scientifique de Louis Figuier », *Romantisme*, 1989, n° 65, *Sciences pour tous*, p. 59-68. Bernadette Bensaude-Vincent, « Un public pour la science : l'essor de la vulgarisation au XIX^e siècle », *Réseaux*, volume 11, 1993, n°58, p. 47-66.

¹³⁴ Louis Figuier, *L'année scientifique, et industrielle*, tome 1, 1858, p. 222.

¹³⁵ *Ibid.*

¹³⁶ *Ibid.*

¹³⁷ Charpy Manuel, *Le théâtre des objets, op. cit.*

entre la bijouterie, l'orfèvrerie et la fantaisie, ou encore l'ameublement et les objets de précision, repose sur une analyse économique doublée de considérations esthétiques, techniques et scientifiques – les caractéristiques mécaniques et chimiques sont largement prises en compte.

L'aluminium et son principal alliage à cette époque, le bronze d'aluminium¹³⁸, ont été, dès cette période, appliqués dans des usages requérant une totale innocuité : des essais de cuisson d'un rôti de bœuf dans un plat en aluminium¹³⁹ sont réalisés, des ustensiles de cuisine et des couverts sont fabriqués. Paul Morin, le principal marchand d'objets en aluminium et bronze l'aluminium, réalise la cuisson des œufs dans des plats en aluminium, afin de tester le comportement de celui-ci au contact du soufre, avec succès¹⁴⁰. On mentionne également des petites cuillers en aluminium recouvert de dorure, qui suscitent l'engouement à Paris¹⁴¹. Plus improbable, un projet de construction d'un « aérostat non sphérique en soie vernie, cuivre et aluminium, pouvant faire entrer, à chaque voyage, 240 000 kg de viande dans Paris »¹⁴², est présenté lors du siège de 1870. Dans l'orfèvrerie religieuse, où la symbolique des matériaux est prééminente, véhiculant notamment l'idée de pureté, l'usage de l'aluminium y est accepté à partir de 1866 par un rescrit de Pie IX. Un article de 1869 d'Alphonse Cerfberr de Medelsheim rapporte les propos bienveillants du pape qui manifeste alors la « marque éclatante de son suffrage à l'aluminium, soit pur, soit mêlé à d'autres métaux »¹⁴³. De même, dans le champ médical, apparaissent des publicités pour les dentiers en aluminium dès 1864¹⁴⁴. La littérature de cette période rend compte de cette confiance en cours de construction, comme ce passage d'une causerie scientifique de Félix Hément de 1868 : l'aluminium et le bronze d'aluminium « concourent avec les autres métaux précieux, en premier lieu, à permettre à la vie domestique l'emploi d'ustensiles plus hygiéniques par cela même que la substance dont ils sont formés ne donne pas lieu à la production de corps vénéneux¹⁴⁵. » Or le Second Empire est une période d'essor sans précédent de ces conférences, pour lesquelles le philologue Émile Deschanel a joué un rôle déterminant. Leur influence est réelle : le taux de fréquentation de ces conférences

¹³⁸ Le bronze d'aluminium est à cette époque un alliage titrant 85 à 95 % de cuivre et 5 à 15 % d'aluminium.

¹³⁹ *Revue de l'aluminium*, n° 1, 1924.

¹⁴⁰ Prosper Moissonnier, *L'aluminium, ses propriétés – ses applications*, Paris, Gauthier-Villars éditeurs, 1903, p. 104 : « Paul Morin avait eu l'idée d'employer l'aluminium comme plat pour faire cuire les œufs dont le soufre attaque si facilement l'argent, et il obtint d'excellents résultats ». L'expérience lui avait aussi permis de constater le bon comportement de l'aluminium à la chaleur.

¹⁴¹ Manuel Charpy, *Le théâtre des objets*, op. cit., p. 807, s'appuie sur l'ouvrage de Marie de Saverny, *La femme hors de chez elle : en voyage, à la campagne*, Paris, Bureaux de la *Revue de la Mode*, 1878, p. 247.

¹⁴² *Journal de Roubaix*, 29 décembre 1870, p. 2.

¹⁴³ Alphonse Cerfberr de Médelsheim, *Orfèvrerie religieuse en bronze d'aluminium*, Paris, Société des livres utiles, 1869. L'auteur était journaliste.

¹⁴⁴ *Le Temps*, mercredi 11 septembre 1864, p. 4.

¹⁴⁵ Félix Hément, *L'aluminium*, Conférences populaires faites à l'asile impérial de Vincennes sous le patronage de S.M. l'Impératrice, Paris, Lib. Hachette, 1868. Félix Hément était professeur de sciences et fut Inspecteur général de l'Instruction publique pour l'enseignement primaire de 1884 à 1888.

est estimé en 1865 à 20 000 personnes par jour à Paris, et à 200 000 dans toute la France¹⁴⁶. Félix Hément est considéré comme l'une des célébrités les plus populaires du genre, aux côtés de Camille Flammarion¹⁴⁷.

Des applications de l'aluminium dans la vaisselle sont tentées, mais elles ont finalement régressé, en raison de sa trop grande légèreté pour l'orfèvrerie. En outre, le mouvement d'intérêt et d'engouement initial de la part de la bourgeoisie s'est amenuisé au gré de la baisse du prix du métal et de son développement dans les produits courants, accessibles aux classes sociales moins riches. Manuel Charpy souligne particulièrement bien ce glissement dans les objets de décoration et d'ameublement, et il considère que cette évolution est avérée à la fin des années 1880. L'Art funéraire suit cette perte de considération pour le métal, depuis les calices de Paul Morin¹⁴⁸, véritables pièces d'orfèvreries, jusqu'aux décorations banales des cimetières.

Les liens tissés avec le Nouveau monde

Aux États-Unis, l'aluminium est présenté aux membres de l'American Academy of Arts and Sciences, à Philadelphie, dès le 25 avril 1854 par le professeur Horsford qui en souligne surtout le coût et la filiation à Wöhler, laissant entendre un faible apport scientifique de Sainte-Claire Deville...

« Le Professeur Horsford a également exposé des spécimens du métal Aluminium, pour montrer sa malléabilité, sa brillance argentée, et d'autres propriétés physiques. Il (le métal) a d'abord été obtenu par Sir Humphrey Davy, et a récemment été préparé par la méthode de Wöhler à une échelle plus étendue par Deville de Paris. Il est obtenu, de façon plus pratique, à partir de l'alun commun, dont 100 parts environ permettent de produire 5,78 parts d'aluminium par un processus très coûteux ; il est fabriqué en décomposant le chlorure d'aluminium par le potassium ou le sodium. Son poids est de 2,56 »¹⁴⁹

Le propos reprend les doutes exprimés par Wöhler lui-même initialement, avant qu'il ne reconnaisse le bien-fondé de l'invention de Sainte-Claire Deville¹⁵⁰.

Toujours aux États-Unis, Eckfeldt et Du Bois procèdent, en 1855, à leurs propres analyses afin d'apporter leurs travaux dans un débat jugé confus et conflictuel sur le sujet¹⁵¹. Un an plus tard, au sein de la même académie, et alors que le savant français a continué d'améliorer son

¹⁴⁶ Robert Fox, « Les conférences mondaines sous le Second Empire », *Romantisme*, n°65, 1999, III, p. 50-57.

¹⁴⁷ *Ibid.*, p. 52.

¹⁴⁸ Jean Plateau et Thierry Renaux, *L'aluminium et Paul Morin...*, *op. cit.*

¹⁴⁹ *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. 3, May, 1852 – May, 1857, p. 127.

¹⁵⁰ Jean Plateau, « Ce que l'aluminium doit à Henri Sainte-Claire Deville... », *art. cit.*, p. 29.

¹⁵¹ *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. 3, *op. cit.*

procédé, le propos devient plus objectif. Le Dr A. A. Hayes, lors de la séance du 12 février 1856, met en évidence l'apport inestimable de Sainte-Claire Deville : il rappelle l'impossibilité à considérer jusqu'alors l'aluminium comme un métal utile, et présente comme preuve inverse un lingot d'aluminium envoyé par Sainte-Claire Deville :

« L'aluminium [...] était connu de nous comme un métal spongieux et gris qui, à l'état chauffé, attirait l'oxygène et retrouvait son état naturel. »¹⁵²

Et de souligner le génie du savant français et son apport fondamental :

« Dès que le génie de Deville lui a permis de faire la lumière sur les résultats expérimentaux de ce sujet, les chimistes ont vu qu'il avait non seulement rendu plus sûr ce qui était connu, mais il avait créé en quelque sorte un nouvel assemblage des caractéristiques à inclure sous le terme aluminium. »¹⁵³

Définir l'aluminium en tant que métal est désormais devenu la tâche des scientifiques, au premier rang desquels Sainte-Claire Deville s'est attaché à en analyser les caractéristiques mécaniques et chimiques. Comprendre les combinaisons d'alliages possibles est un autre défi relevé au même moment.

Encadré : Aluminium ou aluminum ?

Aluminium ou aluminum

Dans ce travail de définition du métal, la sémantique a son importance. En particulier, l'anomalie américaine qui consiste à ôter le second « i » dans le mot « aluminium » est explicitée dans le compte rendu de la séance du 19 octobre 1855 à l'American Academy of Arts and Sciences, alors que Eckfeldt et Du Bois présentent leur communication sur l'« *aluminum* » :

« Par analogie à la nomenclature, dans laquelle nous avons *soude* et *sodium - potassa* et *potassium*, il semblerait approprié de joindre *alumine* et *aluminium*. Cette forme est donc utilisée par certains écrivains éminents en chimie ; mais la grande majorité écrit *aluminum*; et si ce métal est destiné à être d'usage courant, il est très souhaitable de laisser tomber toutes les syllabes dont on peut se passer, de faciliter la prononciation du mot et d'éviter les erreurs barbares. On peut penser que la masse des personnes sans éducation n'aura aucun mal à dire *aluminum*. »¹⁵⁴

¹⁵² *Ibid.*, p. 223.

¹⁵³ *Idem.*, p. 223.

¹⁵⁴ *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. 6, n° 54 May – December, 1855, p. 148.

Il est difficile de savoir si cette prise de position de deux scientifiques a suffi à faire basculer les Américains pour l'amputation du « i », à l'inverse de l'ensemble des autres nations. Il est néanmoins frappant de constater que la préoccupation des scientifiques était alors de rendre la prononciation du mot plus aisée afin d'en faciliter son appropriation par les usagers, donc son possible développement commercial. Déjà, lors de la première présentation de l'aluminium à l'American Academy, le 25 avril 1854, deux mois et demi après celle de Sainte-Claire Deville à l'Académie des Sciences de Paris, le Professeur Hosford avait montré des « specimens of the metal Aluminum, to show its malleability, silver lustre, and other physical properties. »¹⁵⁵ Pourtant, dans l'ensemble des comptes rendus de cette même académie en 1856, c'était de l'aluminium avec un « i » qu'il était question, et non de l'aluminum¹⁵⁶. Wöhler, comme Sainte-Claire Deville, ont utilisé tous deux le terme *aluminium*, et ont été suivis dans cette voie par l'ensemble de leurs communautés scientifiques respectives, et au-delà, par le cercle des usagers.

La communauté scientifique américaine a donc été très attentive au procédé Sainte-Claire Deville dès son apparition, ainsi qu'aux possibles développements industriels qui pouvaient en découler. Il faut pourtant attendre 1887 pour qu'un premier ouvrage en langue anglaise exclusivement consacré à l'aluminium soit publié. À la veille du nouveau procédé Héroult-Hall, la connaissance du métal a fait beaucoup de progrès, sans toutefois bouleverser les premières conclusions de Sainte-Claire Deville. Les travaux de référence en la matière sont présentés dans cette synthèse publiée par un jeune métallurgiste américain, Joseph W. Richards, et issue de sa « *senior thesis* » soutenue en 1886. Outre les références à 12 revues de langues française, allemande et anglaise, Richards mentionne trois ouvrages consacrés exclusivement à l'aluminium et en fait, en préface, l'analyse critique : le deux premiers sont français et ont déjà été mentionnés ; il s'agit de l'ouvrage des Frères Tissier, premier livre consacré à l'aluminium et paru en 1858, puis de celui de Henri Sainte-Claire Deville, paru en 1859. Le premier est qualifié de « petit livre », le second de « traité [...] qui reste la référence en la matière ». Richards décide d'ailleurs de suivre la logique de Sainte-Claire Deville pour concevoir son propre livre. Le troisième ouvrage, de langue allemande, est publié par Stanislaus Mierzinski¹⁵⁷ en décembre 1885, soit 26 ans après celui de Sainte-Claire Deville. Il s'insère dans une collection d'ouvrages techniques et, ajoute Richards, « est une fidèle

¹⁵⁵ *Proceedings of the American...*, *op. cit.*, vol. 3, p. 127.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 221-224, et 255-256.

¹⁵⁷ Stanislaus Mierzinski, *Die Fabrikation des Aluminiums und der Alkalimetalle*, Vienne, A. Hartleben Verlag, 1885. Les travaux de Mierzinski sur les colorants l'avaient confronté à l'alumine, utilisée comme mordant dans la teinturerie.

présentation de l'industrie jusque 1883 ». Ce livre complète celui de Sainte-Claire Deville en expliquant la fabrication de l'aluminium à Salindres, ce que reprend à son tour Richards. Si l'image de l'industrie présentée y est fidèle, l'ouvrage ne dévoile pas d'apport scientifique réel ; en revanche, il permet aux Allemands non francophones de prendre connaissance de l'avance française dans ce domaine. Enfin, deux autres ouvrages de référence sont proposés : le dictionnaire de chimie d'Henry Watts (1871) et l'encyclopédie chimique de Frémy (1883).

Sur la question de l'innocuité, Richards ne prend aucun risque : il précise, en introduction du chapitre sur les propriétés chimiques du métal, que celles-ci se rapportent à du métal pur et pas à du métal commercial. Puis il relate fidèlement les analyses de Sainte-Claire Deville, en les faisant suivre des notices publiées par Frémy essentiellement.

Outre ces aspects, l'ouvrage de Richards rapporte aussi les conditions dans lesquelles l'aluminium est parvenu à être produit sur le sol américain, par le colonel Frishmuth à Philadelphie. La couverture du pyramidion du Washington Monument en aluminium est son œuvre. Les quantités d'aluminium importées aux États-Unis et indiquées par Richards permettent de quantifier cet intérêt pour le nouveau matériau, dont les premiers échanges commerciaux datent de 1873, avec 2 pounds (0,91 kg) importées pour une valeur de 22 \$. En 1884, onze ans plus tard, environ 267,62 kg sont importés, pour une valeur de 8416 \$ (soit environ 28,5 \$/kg). Au total, entre 1873 et 1884, c'est presque deux tonnes qui sont importées, sans aucun doute majoritairement de France.

Fig. 2 Importations et consommation d'aluminium aux États-Unis, 1870-1884

Au 30 juin	En pounds	Valeur en \$
1870		98
1871		341
1872		
1873	2	22
1874	688	2125
1875	434	1355
1876	139	1412
1877	131	1551
1878	251	2978
1879	184	3423
1880	341	4042
1881	517	6071
1882	566	6459
1883	436	5079
1884	590	8416
TOTAL	4279 (1940.92 kg)	

Source : Joseph W. Richards, *Aluminium: its history, occurrence, op.cit.*, 1887, p. 40.

Richards entre également dans le détail des applications connues et possibles. La transformation du métal y est expliquée en référence au travail de l'or et de l'argent dont la malléabilité est comparée. Le battage de la feuille d'aluminium selon la technique des batteurs d'or et d'argent est mentionné à plusieurs reprises, avec des références aux réalisations de Degousse¹⁵⁸, batteur d'or à Paris, dont le travail est rapporté dans le journal américain *Chemical News* dès 1859. Outre le battage, l'aluminium reçoit à cette époque d'autres traitements de transformation similaires à d'autres métaux : laminage, emboutissage, recuit. Richards signale les travaux de deux chimistes allemands Bruno Kerl et Friedrich Stohmann¹⁵⁹. Il n'en cite pas les références, mais Sheridan Muspratt, Bruno Kerl et Friedrich Stohmann sont les auteurs d'un traité de chimie paru en 1870 qui évoque l'aluminium. Ceux-ci affirment que l'aluminium peut être utilisé dans la fabrication de la vaisselle de forme « ronde et profonde » par estampage, en utilisant un lubrifiant : « une sorte de vernis composé de 4 volumes d'huile de térébenthine pour un volume d'acide stearic »¹⁶⁰. Les frères Bell, éphémères producteurs d'aluminium au Royaume-Uni, ont eux expérimenté la production de feuilles d'aluminium par laminage, dont la

¹⁵⁸ Cf. Marie-Pierre Etcheverry et Thierry Renaux, « Un décor à la feuille d'aluminium datant du XIX^e siècle à la Cathédrale de Bordeaux. Essai de datation par l'analyse pigmentaire », Communication au colloque *L'aluminium, matière à création, XIX^e-XXI^e siècles*, Paris, 11 et 12 décembre 2014.

¹⁵⁹ Sheridan Muspratt, Bruno Kerl et Friedrich Stohmann, *Muspratt's theoretical, practical and analytical Chemistry, in Anwendung auf Künfte und Gewerbe*, Braunschweig, C.A. Schwetschke und Sohn, 1865-70, vol. 4, p. 1086.

¹⁶⁰ Joseph W. Richards, 1887, *op. cit.*, p. 58-59. Cette observation est confirmée dès 1884 à la lecture de Edmond Frémy (dir.), *Encyclopédie chimique*, tome III, *Métaux*, 4^e cahier : *baryum, strontium, calcium, magnésium et aluminium*, par MM. Nivoit et Margottet, Paris, Dunot, 1884, p. 165.

difficulté a résidé dans le recours plus fréquent au recuit et à sa maîtrise de celui-ci. Le fil d'aluminium est aussi mentionné avec une première application en 1855 de M. Vangeois en France, et une production par les frères Bell, ainsi que la mention de dentelles en aluminium. L'analyse de Richards sur l'évolution des applications de l'aluminium s'appuie avant tout sur leur présence lors des Expositions universelles : son apparition exceptionnelle à Paris en 1855, jusqu'à sa maturité en 1878 qui fait dire à Richards que désormais le métal est devenu familier au monde de l'artisanat et de la bijouterie fantaisie. Il souligne néanmoins qu'à la date où il écrit, en 1885, les ustensiles de cuisine, pourtant très nombreux à l'Exposition universelle de Londres en 1862, ont complètement disparu¹⁶¹.

La mise au point du procédé de production de l'aluminium par Sainte-Claire Deville a donc permis la matérialisation du métal, jusque-là inexistante ; c'est en quelque sorte la naissance physique du métal enfin palpable. Parvenu à produire du métal relativement pur, Sainte-Claire Deville en a donné les caractéristiques chimiques et physiques et, pour la première fois, en a projeté les usages possibles : il a ouvert en même temps un débat dominé par le risque, la nocuité et l'innocuité, lequel s'est poursuivi avec l'arrivée du procédé Héroult en France et le développement rapide et varié des usages.

3. LE RÔLE DES POUVOIRS PUBLICS ET L'ARSENAL LÉGISLATIF : LE CAS FRANÇAIS

Les aspects juridiques de la question de l'alimentation et de la fraude alimentaire ont été analysés et leur chronologie établie jusqu'à la loi de 1905, ainsi que les conditions d'application de celle-ci¹⁶². Les boissons ont été les premières visées par l'arsenal législatif, en particulier le délit de falsification, qu'il s'agisse de la loi du 19-22 juillet 1791 ou du code pénal de 1810, qui instaure un « droit alimentaire coordonné et global »¹⁶³, applicable à l'ensemble du territoire. Un *distinguo* est introduit entre la tromperie, non dangereuse, et la falsification, dangereuse. Le vin et le lait sont les premiers produits sur lesquels les autorités font preuve d'une extrême vigilance. Cependant la loi ne permet aux tribunaux que d'intervenir *a posteriori*, lorsqu'il y a flagrant délit, ou atteinte à l'intégrité de la personne, intoxiquée ou empoisonnée.

¹⁶¹ *Ibid.*, p. 244.

¹⁶² Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ?... », *art. cit.* Pierre-Antoine Dessaux, « Une coopération conflictuelle au cœur de la consommation de masse : les relations industrie-commerce dans l'alimentaire en France, 1900-1970 » et Alessandro Stanziani, « Alimentation et santé sous la III^e République (1870-1914) », in Alain Chatriot, Marie-Emmanuelle Chessel et Matthew Hilton (dir.), *Au nom du consommateur. Consommation et politique en Europe et aux États-Unis au XX^e siècle*, Paris, La Découverte, 2004 ; Alessandro Stanziani, *Histoire de la qualité alimentaire*, *op. cit.*, p. 45 et suivantes.

¹⁶³ Pierre-Marie Vincent, *Le droit de l'alimentation*, Paris, PUF, 1996, p. 19.

Un changement s'opère au tournant des années 1820 et l'État est poussé à légiférer et à intervenir pour réguler les pratiques. Les points de vue évoluent, tant du côté des consommateurs que des associations professionnelles désireuses de protéger leurs produits des producteurs indécents, que des scientifiques et des experts. L'arrêt de la Cour de cassation du 27 janvier 1848 constitue un changement radical en étendant la falsification aux denrées alimentaires contenant « des matières hétérogènes ». Trois ans plus tard, la loi de 1851 est la première dans le domaine des fraudes et des falsifications. Elle pose les bases législatives à partir desquelles les tribunaux peuvent statuer selon les cas et développer la jurisprudence. Une troisième étape décisive est franchie avec la loi du 1^{er} août 1905 sur la répression des fraudes dans la vente des marchandises et des falsifications des denrées alimentaires et des produits agricoles. Plus précise dans la description et la punition des délits, elle laisse aux autorités locales le pouvoir de légiférer au cas par cas, pour rendre possible l'adaptation aux innovations continues.

Cependant, à ce stade, la mention des emballages ou contenants n'est pas explicite dans la loi à l'inverse des denrées comme les vins ou les fruits et légumes frais, bien que les débats parlementaires y fassent allusion, en particulier avec des références aux empoisonnements provoqués par le plomb dans les boîtes de conserves¹⁶⁴. C'est dans ce contexte que la question de la « nocuité » des matériaux au contact des substances alimentaires, sous leurs différentes formes, trouve matière à études et débats jusqu'en 1910-1912, période qui constitue le véritable tournant législatif pour les emballages et contenants alimentaires. Ici, une analyse précise des travaux du Comité consultatif d'hygiène publique est importante pour comprendre de quelle manière et à quel rythme la régulation se met en place : tous les usages ne sont pas concernés de la même façon.

En effet, la fin des années 1830 voit un premier changement majeur s'accomplir avec l'aboutissement de travaux de recherche importants. L'arrivée des premières mesures législatives prises en 1839 permet de réguler enfin l'usage des métaux en contact avec les aliments, d'interdire l'usage de certaines substances dans la coloration des papiers d'emballage alimentaire, et plus largement de réglementer l'usage des colorants de synthèse en plein essor. Les conserves sont globalement concernées par ce double mouvement scientifique et législatif, en particulier pour interdire la pratique des soudures intérieures au plomb, contrôler la qualité

¹⁶⁴ Simon Auteroche, *Répression des fraudes, Falsifications de denrées alimentaires. Boissons, marchandises et produits agricoles. Commentaire de la loi du 1^{er} août 1905*, Paris, Administration du bulletin-commentaire des lois, décrets et arrêtés, deuxième édition, 1907. L'auteur mentionne en particulier les débats au sein de la 1^{re} séance de la Chambre du 15 décembre 1904, paru dans le *Journal Officiel* du 16 décembre.

du fer-blanc¹⁶⁵ et interdire les sels de cuivre pour le reverdissage. Enfin, un troisième champ d'applications apparaît, à la marge des ustensiles de cuisine et des applications alimentaires : ce sont les jouets que les enfants peuvent porter à la bouche et les biberons, dont la nature des matériaux et les intoxications possibles sont particulièrement surveillées.

Trois périodes se distinguent : la première va des années 1830 à 1890, pendant laquelle le Comité est saisi de nombreux problèmes et y apporte des réponses dominées par le principe de précaution. Un arsenal législatif de plus en plus précis est mis en place, permettant aux autorités locales d'agir concrètement pour protéger les consommateurs et aux industriels de disposer d'outils de référence, tels que les listes de substances autorisées. En conséquence, la deuxième période, à partir des années 1890 jusqu'à la fin des années 1900, est plus ambiguë, avec un assouplissement progressif des mesures préconisées, suite aux pétitions des fabricants et aux progrès scientifiques et techniques. L'aluminium ne bénéficie à cette époque d'aucune rubrique et il n'est pas mentionné en tant que tel dans les travaux du Comité. À l'inverse, d'autres matériaux y figurent, comme le cuivre, le zinc et le plomb. Un troisième temps s'ouvre à partir de 1910 avec la parution de décrets encadrant très précisément l'usage des emballages et des contenants, des encres d'imprimerie et des colorants pour l'alimentation.

La question de l'emballage apparaît dans la rubrique « Papiers et Bonbons », pour les confiseries et autres sucreries, dès la première édition du *Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène publique de France* qui couvre la période 1872-1890. On y parle alors des « enveloppes » de papier ou carton, et pas encore d'emballage ; la rubrique comporte 15 articles. La période suivante (1891-1910) ne compte que 5 articles. Les « Conserves alimentaires » ont leur rubrique propre, avec 19 articles, divisés entre les problèmes de reverdissage des fruits et légumes et ceux des matériaux de fabrication des boîtes, dont le métal de soudage. Dans la période suivante, la rubrique est transformée en « Boîtes de conserves », dont les 15 articles sont consacrés exclusivement aux matériaux.

Le problème de la « Coloration des produits alimentaires et objets usuels » constitue une rubrique entière, distincte de celle des papiers. Ce thème est abondamment traité par le Comité consultatif d'hygiène publique pendant la période 1872-1890, avec 49 articles : la coloration du vin est largement abordée, avec 18 entrées, suivie des bonbons et autres substances alimentaires (15 entrées) et des jouets (10 entrées). En comparaison, la coloration des « enveloppes » n'est abordée dans cette période qu'à trois reprises, en 1880 et 1889, comme pour celle des tissus. La période suivante (1891-1910) est plus calme, avec seulement 11 articles consacrés à la

¹⁶⁵ Le fer-blanc est un produit en acier doux ou extra doux laminé, dont la teneur en carbone est inférieure à 0,08 %, recouvert d'une couche d'étain. Le fer-blanc obtenu par voie électrolytique est constitué de plusieurs couches.

coloration : pour les papiers et substances alimentaires (1), des substances alimentaires seules dont les liqueurs et les pâtes alimentaires (9), du vin (1), et un dernier consacré à un cas particulier de prunes. Enfin, la rubrique « Jouets d'enfants » comporte 16 articles dans la première période puis disparaît.

3.1. La couleur dans les emballages et les aliments

La question de la couleur dans les emballages et les aliments à partir du XIX^e siècle jusqu'aux années de l'entre-deux-guerres a encore été peu étudiée sous l'angle technique et culturel. Les colorants de synthèse ont surtout été abordés du point de vue de leurs applications dans le textile¹⁶⁶ et de l'histoire des entreprises chimiques¹⁶⁷. Des travaux sur le marché et ses usages restent à mener, en particulier du côté des petites entreprises agroalimentaires qui ont mis en œuvre des substances au gré de leur apparition dans la panoplie du chimiste.

Du principe de précaution entre 1856 et 1889

Les premières mesures d'interdictions datent de 1839, et elles sont reprises et complétées en juin 1856 : elles interdisent l'emploi de certaines substances toxiques dans la coloration des papiers utilisés pour vendre les confiseries et autres pâtisseries, de même que pour la coloration de ces produits. Le législateur interdit les substances minérales, excepté le bleu de Prusse, au profit de substances végétales, et dresse une liste indicative des substances recommandées. Sont ainsi exclus les oxydes de cuivre et ceux de plomb, le blanc de zinc et celui de plomb (dit céruse), le vert de Schweinfurt (ou vert de Scheele) qui contient du cuivre et de l'arsenic et constitue un poison violent, etc. Les papiers blancs, avant coloration, sont tout aussi suspects, car la blancheur peut être obtenue moyennant des traitements toxiques, dont certains à base de plomb. La circulaire préfectorale mise en annexe de la circulaire ministérielle conseille alors aux confiseurs de n'utiliser que des papiers comportant la garantie écrite du fabricant qu'ils ne contiennent aucune substance toxique. De même, il leur est demandé de faire figurer leurs coordonnées sur ces mêmes papiers, de façon à ce que chaque confiserie soit parfaitement identifiable.

¹⁶⁶ Voir par exemple Régine L. Blaszczyk, *The Color Revolution*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2012. Sur le temps long, les ouvrages de Michel Pastoureau offrent une vision qui aborde peu la dimension alimentaire. Michel Pastoureau, *Dictionnaire des couleurs de notre temps : symbolique et société*, Paris, C. Bonneton, 2007. Michel Pastoureau et Dominique Simonnet, *Le petit livre des couleurs*, Paris, Seuil, 2007.

¹⁶⁷ Jun Sakudo, *Les entreprises de la chimie en France de 1860 à 1932*, Bruxelles, Peter Lang, 2011. Pierre Cayez, *Rhône-Poulenc 1895-1975. Contribution à l'étude d'un groupe industriel*, Paris, Éditions Armand Colin, 1988. Kenneth Bertrams et Nicolas Coupain, *Homburg Ernst, Solvay: history of a multinational family firm*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013.

En 1880, un nouveau rapport est présenté par Charles-Adolphe Wurtz, à la demande du ministre de l'Agriculture et du Commerce Pierre Tirard, à la suite d'un courrier d'un « chimiste manufacturier » de Paris, Métra. Celui-ci prétend développer les usages des produits dérivés de la houille et en particulier de l'aniline au fort pouvoir de coloration que ses expériences le portent à croire inoffensive. Il vise en particulier la coloration des liqueurs distillées, sirops ou bonbons, produits qu'il estime ne pas être « des produits naturels » en comparaison avec le vin dont la coloration est interdite. Métra semble être très connu et recommandé dans la presse à destination des confiseurs¹⁶⁸ et ses publicités mentionnent explicitement son respect des recommandations du Comité d'hygiène. La réponse de Wurtz a reposé sur un argumentaire en plusieurs points. Le premier rappelle les raisons de l'interdiction de la coloration du vin, assimilée à une tromperie du consommateur¹⁶⁹. Le second mentionne l'existence de fuchsines impures, comportant de l'arsenic, donc très toxiques, disponibles à la vente, et l'impossibilité pour les utilisateurs de le savoir ; enfin, le troisième souligne le débat scientifique en cours dont les travaux ont conclu à la dangerosité de la fuchsine à dose élevée, en contradiction avec les affirmations de Métra.

Les conclusions de ce nouveau rapport ont conduit à l'interdiction d'utilisation des fuchsines et à une nouvelle liste de colorants autorisés. L'argumentation à charge repose à la fois sur la tromperie induite par l'utilisation de colorants artificiels vis-à-vis du consommateur, et sur la toxicité supposée de ces produits, soit que leur analyse n'ait pas encore été assez poussée, soit qu'elle résulte de la présence sur le marché de produits falsifiés similaires, qui, sans effet nocif pour certains usages, s'avèrent dangereux dans l'alimentation. La dénomination de ces colorants est pourtant fort poétique et engageante : aniline, rosaniline, mauvéine, safranine, rose de Magdala... Et Wurtz de défendre le principe de précaution : « en l'absence d'expériences établissant l'innocuité de ces substances, on peut craindre que quelques-unes ne soient dangereuses : en conséquence, nous estimons que leur emploi pour la coloration des aliments ou condiments doit être interdit jusqu'à nouvel ordre. »¹⁷⁰

En conclusion, Wurtz recommande d'interdire l'emploi de la fuchsine (ou chlorhydrate de rosaniline) et de ses dérivés et d'étendre cette interdiction à tous les dérivés du goudron de houille en fonction de leurs modes de préparation. Une nouvelle liste de colorants utilisables est proposée et dressée par couleur – rouge, jaune, bleue, violette, verte et brune – et par origine,

¹⁶⁸ *Le Journal des confiseurs-pâtissiers, chocolatiers, fabricants de biscuits, confitures, fruits confits, sirops, liqueurs, conserves. Organe mensuel technique, professionnel, pour ces industries et celles qui s'y rattachent*, 1^{er} février 1891, n° 6, p 42 ; *id.* 1^{er} décembre 1891, n°16, p. 9.

¹⁶⁹ Alessandro Stanziani, « La fraude dans l'agro-alimentaire. Genèse historique : la falsification du vin en France, 1880-1905 », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n° 50, 2, 2003, p. 154-186.

¹⁷⁰ *Recueil des actes officiels et documents intéressant l'hygiène publique*, Melun, Imprimerie administrative, 1879, tome IX, p. 301.

végétale ou minérale, sans qu'y figure encore la possibilité de dorure ou d'argenter des aliments. Ce rapport est suivi d'une circulaire du ministre de l'Agriculture et du Commerce, P. Tirard, adressée aux préfets, le 1^{er} juillet 1880, puis d'un rapport complémentaire en octobre de la même année, dont l'objet est d'homogénéiser les textes réglementaires et que Wurtz complète d'une liste précise des « substances dont l'emploi doit être interdit pour la coloration des matières alimentaires ». Son propos est cette fois plus nuancé que précédemment dans la mesure où il mentionne l'existence de quelques colorants tirés de la houille et ne comportant pas d'arsenic, mais, ajoute-t-il, « on n'a pas cru devoir les ranger définitivement au nombre des substances inoffensives, leur mode d'action sur l'économie étant encore inconnu »¹⁷¹. L'ensemble de ces travaux aboutit à la publication d'une circulaire ministérielle du 5 mai 1881, dans laquelle est fixée la nomenclature des substances interdites pour la coloration des aliments et de leurs papiers d'emballage. La liste est divisée en substances d'origine minérale (composés de cuivre, de plomb et d'arsenic, chromate de baryte et sulfate de mercure) et d'origine organique (en particulier la fuchsine et ses dérivés, l'éosine, les matières colorantes renfermant de la vapeur nitreuse et celles préparées à l'aide de composés diazoïques). La circulaire rappelle la responsabilité des fabricants et des marchands en cas d'accidents, et instaure la possibilité de contrôles annuels dans les ateliers de fabrication et chez les détaillants. Dans une seconde circulaire ministérielle le 20 mai 1881, le ministre rappelle également aux préfets l'interdiction faite aux fabricants de conserves d'utiliser des vases et des sels de cuivre pour le reverdissage des aliments contenus dans les conserves alimentaires. Cette circulaire est renforcée en juin 1882 par une circulaire qui étend cette interdiction à la vente de conserves reverdies selon ces procédés.

Vers l'assouplissement sous pressions des années 1889-1890

L'affaire revient devant le Comité consultatif d'hygiène publique en 1889, à la suite de diverses lettres de protestation adressées au ministre de l'Intérieur, lesquelles dénoncent les poursuites contre des commerçants utilisateurs de papiers d'emballage colorés avec des colorants jugés dangereux, en particulier les couleurs d'aniline. Ceux-ci considèrent la loi comme abusive, n'ayant jamais eu à déplorer d'accident avec leurs papiers colorés. Le rapport est, cette fois-ci, confié au Dr J. Dubrisay, qui maintient la liste des matières minérales mais en enlève le vermillon (sulfure de mercure). Il y ajoute une interdiction supplémentaire qui rend compte à la fois des pratiques de ventes et de celles de contournement de la législation : le recours à un sac

¹⁷¹ *Recueil des actes officiels et documents intéressant l'hygiène publique*, Melun, Imprimerie administrative, 1880, tome X, p. 308. Wurtz mentionnait le violet de Paris, le vert lumière, le bleu de diphénylamine, la coralline pure (aurine, acide rosolique), comme n'étant pas des dérivés de la fuchsine.

intérieur pour isoler l'aliment de l'enveloppe colorée. En effet, ce sac n'est pas jugé suffisant pour protéger les aliments, et, surtout, il n'empêche pas les risques de contamination par cette enveloppe une fois introduite dans une cuisine. En revanche, des changements importants sont préconisés pour les couleurs organiques, avec pour la première fois la mise en place d'une distinction entre les emballages et les aliments. En particulier, le rapport préconise de maintenir l'interdiction d'usage des substances organiques pour la coloration des aliments, mais de la lever pour les « papiers et cartons servant d'enveloppes », à l'exception de deux substances, la gomme gutte et l'aconit Napel¹⁷². Le rapporteur argumente que la connaissance des propriétés des couleurs organiques a beaucoup progressé, sans toutefois faire de référence à de quelconques travaux et que le nombre de couleurs augmente considérablement, de même que leur usage. Il s'appuie surtout sur l'évolution des techniques de coloration du papier, avec l'introduction de la coloration dans la pâte, avant les étapes complémentaires (feutrage, compression et séchage). Le résultat aboutit à l'emprisonnement de la matière colorante dans la « texture intime » du papier et son impossibilité à migrer vers les matières contenues. Enfin, le rapport apporte un élément supplémentaire, inexistant jusque-là, avec des préconisations sur les « papiers d'étain couché » spécialement employés pour « envelopper la chicorée ». Il s'agit d'y imposer l'usage de l'étain fin, c'est-à-dire comprenant au minimum 97 % d'étain et au maximum 3 % de matières étrangères. On apprend ainsi que certains autres produits sont enveloppés avec des papiers d'étain : fromages, nougats, saucissons, chocolat et fruits confits, sans que la liste soit exhaustive. À la séance du 28 juillet 1890, la question de la coloration des confiseries exclusivement est de nouveau abordée, à la suite de nombreuses pétitions de fabricants envoyées au ministre de l'Intérieur.

Ce rapport est suivi d'une nouvelle circulaire ministérielle en date du 29 décembre 1890, laquelle informe les préfets des changements survenus et d'un projet d'arrêté récapitulatif de toutes les dispositions prises en matière d'hygiène alimentaire. Sont pris en compte l'ensemble des cas de toxicité alimentaire par les matériaux quels que soient leurs formes et supports : les colorants pour aliments et liqueurs (à l'exception des vins où leur usage est totalement interdit), les colorants pour « les papiers et cartons servant à envelopper des substances alimentaires quelconques », les feuilles et papiers d'étain, les vases et ustensiles étamés, et les « poteries d'étain, vases et ustensiles servant aux usages alimentaires ». La mise en vente de ces produits est aussi interdite. Le ministère a choisi de donner précisément les listes de substances interdites et autorisées, et les teneurs des alliages. Le détail de l'article concernant les feuilles métalliques – les feuilles d'étain sont exclusivement mentionnées à cette date – montre que cet

¹⁷² La gomme-gutte est une résine jaune produite par divers arbrisseaux, l'aconit Napel est l'une des plantes les plus toxiques de la flore d'Europe tempérée.

usage concerne essentiellement des aliments humides, pour lesquels les enveloppes de papier ou carton sont insuffisantes : fruits, confiseries, chocolats, fromages, saucissons et chicorée.

Cette évolution des papiers d'emballage rejoint celle en cours pour la coloration des substances alimentaires, avec, en février 1886, une recommandation de tolérance demandée par le Comité pour l'usage des colorants dérivés de l'aniline dans les confiseries, au motif que les quantités utilisées, jugées infimes, ne peuvent provoquer d'empoisonnement, ou, en mai 1886, le refus d'interdire la vente d'œufs de pâques dont la coquille est colorée à la fuchsine, partant du principe que les enfants n'ingèrent pas les coquilles¹⁷³. Après le vote de la loi de 1905, l'Académie de médecine, saisie par le ministre de l'Intérieur, en vient à des conclusions similaires¹⁷⁴, et souhaite l'interdiction de l'usage des colorants issus de la houille dans l'alimentation, mais une tolérance envers les usages en très faibles quantités, pour un petit nombre de produits, principalement les pâtisseries, confiseries et les liqueurs. Elle dresse la liste des colorants utilisés par couleur, en déconseillant l'usage des colorants noirs, dont elle juge qu'il n'existe pas, dans le commerce, de produits à l'état pur et correctement défini pour cette couleur. Elle préconise en plus que la mention de l'origine du fabricant et du nom scientifique du colorant figure sur le produit. Ces conclusions de l'Académie de médecine, malgré les restrictions apportées, semblent avoir été détournées, si l'on en juge la demande du ministre de l'Agriculture au ministre de l'Intérieur, sous la pression des industriels, de revoir la liste des colorants alimentaires autorisés, au motif que la pratique a largement adopté leur usage dans les produits autres que ceux autorisés, sans accident. Le Comité consultatif d'hygiène publique s'est alors de nouveau prononcé contre cet abus ; il a repris la démonstration de l'Académie de médecine et mis en avant les travaux des biologistes pour montrer la nocivité des colorants tirés de la houille. Les conclusions ont été identiques, assorties de la liste élaborée par l'Académie de médecine.

Réutilisation et pressions industrielles

Saisi par les professionnels du papier¹⁷⁵ (la chambre syndicale des papiers en gros et le syndicat professionnel de l'union des fabricants de papiers de France), le Comité se prononce cette fois, en 1897, sur la pratique de l'utilisation de vieux papiers pour l'emballage des denrées

¹⁷³ *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome XVI, 1886, p. 294 et suivantes.

¹⁷⁴ Séances du 23 février 1910, Rapport de Béhal, *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome XL, p. 721 et suivantes.

¹⁷⁵ Sur l'histoire de la fabrication du papier, voir les travaux de Louis André, en particulier *Machines à papier. Innovation et transformations de l'industrie papetière en France, 1798-1860*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, 1996.

alimentaires. Le rapport du Dr Arnold Netter¹⁷⁶ sur cette question éclaire deux aspects importants de l'histoire de l'emballage : les tentatives de pression des industriels sur les décisions du Comité et les usages de la rue dans les « papiers de pliage », destinés à envelopper les denrées alimentaires. Les deux associations professionnelles arguaient alors d'un rapport du laboratoire de Montpellier et de l'arrêté municipal qui s'en est suivi pour solliciter une réglementation nationale.

L'examen réalisé par le laboratoire municipal de Montpellier en 1892 informe de la nature des papiers réutilisés, dont les 28 échantillons ont été obtenus par saisie du commissaire central de la ville de Montpellier. Classés en 4 catégories, ce sont des vieux journaux, revues et prospectus, des ouvrages et brochures, des vieux registres de maisons de commerce et de banque, et des vieux registres de la régie des contributions indirectes, de l'octroi et de l'enregistrement. Leur état de saleté est proportionnel à leur usage précédent : la première catégorie, composée de 5 journaux et prospectus, emporte le prix d'excellence de la quantité de microbes et autres salissures. La deuxième catégorie, celle des brochures, est constituée des « pages comprises 1400 à 1550 des tarifs pour la petite vitesse communs aux compagnies de chemins de fer ». L'échantillon observé est assez propre car il semble ne pas avoir servi, mais l'usage auquel il était destiné pouvait laisser supposer un état de propreté plus aléatoire. Le troisième groupe des vieux registres de commerce et banques comporte 10 échantillons, dont trois sont assez propres, car peu utilisés, tandis que les 7 autres présentent des marques nettes et importantes de sueur et salive... Les « maculatures » sont essentiellement localisées sur les onglets ou les coins des pages, et l'usage du centre de la feuille pouvait être toléré pour les denrées sèches. Enfin, la dernière catégorie est la plus propre, avec juste des traces de doigts au coin inférieur droit. Cependant les registres de la régie comportent un inconvénient jugé majeur pour une réutilisation : le collage des feuilles au milieu dans toute leur longueur. En conclusion, le directeur du laboratoire montpellierain conseille d'interdire l'emploi des catégories 1 et 2 pour l'emballage des denrées alimentaires sèches et humides, et d'autoriser celui des denrées sèches pour les papiers issus des registres de commerce, sous réserve qu'ils présentent un état de propreté suffisant. Il préconise en outre une surveillance régulière de ces derniers et surtout l'usage du « papier blanc, non coloré artificiellement, non imprimé ou manuscrit » pour les produits alimentaires humides. Le maire de la ville a pris ensuite un arrêté qui a repris en partie ces conclusions, avec quelques modifications et précisions : à la liste des papiers non utilisables sont ajoutés « les papiers peints et les papiers maculés de toute nature » ; les journaux, brochures et autres papiers imprimés sont autorisés, sous réserve d'être propres, seulement pour « le pliage des légumes secs, racines ou tubercules (haricots secs, pommes de terre) » ; pour les

¹⁷⁶ *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome XXVII, 1897, p. 33 et suivantes.

matières alimentaires humides, ne sont autorisés que les « papiers de pliage neufs, soit blanc, soit paille, non maculés ». La liste de ces matières humides forme un inventaire des aliments du quotidien vendus à Montpellier à la fin du XIX^e siècle : viandes de boucherie et de toute nature débitées au détail (lapin, volaille), charcuterie, pâtisserie, confiserie, beurre, fromages, graisses, légumes frais, cuits ou trempés, légumes débités en tranches (courge), poissons frais ou salés (morue, thon, saumon).

Les conclusions du Comité consultatif sur la question du papier usagé sont très nuancées. Tout en reconnaissant l'intérêt de la démarche montpelliéraine, le Dr Netter souligne l'évolution en cours dans ce domaine et l'usage de plus en plus répandu de papiers neufs, « par le seul fait des exigences des consommateurs et des progrès de la fabrication ». Il refuse l'idée d'un décret qui pourrait être interprété comme une volonté de protéger l'industrie papetière, alors que les risques sont exagérés par les pétitionnaires. Il mentionne notamment la large utilisation du « bouillon » dans les papiers d'emballage, c'est-à-dire des journaux invendus, donc propres, et admis pour les denrées sèches, de même pour les registres souvent très propres. Le Comité a donc recommandé l'emploi de papiers neufs, mais sans interdire celui des papiers de pliage provenant de vieux journaux, laissant aux autorités compétentes le soin de contrôler la propreté de ces papiers sur les marchés et dans les magasins. Notons au passage que la présence des encres, dont la nature pouvait être toxique, n'a pas semblé poser problème, ni à Montpellier ni à Paris, l'attention étant portée sur les souillures extérieures. Ce rapport a fait l'objet d'une circulaire ministérielle le 5 avril 1902, dans laquelle le ministre de l'Intérieur et des Cultes, Waldeck-Rousseau, a proposé aux préfets de reprendre le modèle d'arrêté municipal de Montpellier. Une seconde circulaire est intervenue le 29 juillet suivant, afin de sursoir à l'application de cette circulaire jusqu'au 1^{er} janvier 1903, pour laisser le temps aux métiers du tri et du commerce des vieux papiers de s'y préparer.

3.2. Les récipients culinaires

Le texte législatif le plus ancien auquel les fabricants et la police se réfèrent au XIX^e siècle pour la régulation des alliages est une ordonnance du 16 juin 1839 sur la fabrication des poids et mesures. L'étain pur jugé trop cassant, la loi a fixé à 18 % la proportion de plomb autorisée dans la fabrication des « mesures de capacités pour les liquides », spécifiant qu'au-delà, il pouvait être « nuisible à la santé ». Le texte fait référence à des « expériences faites avec le plus grand soin, par l'ordre du Gouvernement », dont la nature n'est pas précisée. Il faut attendre la période du Second Empire pour voir le problème resurgir, avec une volonté de contrôler plus rigoureusement la nature et l'usage des matériaux dans les contenants métalliques, en

particulier les « vases métalliques destinés aux usages culinaires ». Certains métaux sont particulièrement visés : le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain et le fer galvanisé. Le cuivre ne peut être utilisé que s'il est étamé à l'étain fin et que si le revêtement est parfaitement intact. Le cuivre présente pourtant la particularité d'être un métal d'usage ancien et courant, tant dans la cuisine des particuliers que dans les ateliers des fabricants de boissons ou autres aliments tels que les conserves alimentaires.

Le 28 février 1853, une ordonnance du préfet de police fait l'effet d'un coup de tonnerre : elle interdit l'usage du cuivre nu et impose l'étamage fin pour les professions agroalimentaires : vendeurs des boissons alcoolisées (marchands de vins), débitants de viande (bouchers, charcutiers), fabricants de produits alimentaires (pâtisseries, confiseurs, traiteurs, aubergistes), et revendeurs de produits alimentaires (épiciers). La production de certains produits alimentaires est particulièrement visée par l'ordonnance : le cuivre est catégoriquement interdit pour la fleur d'oranger, le sel, le lait, le vinaigre et les eaux gazeuses, la bière¹⁷⁷ et le cidre. L'emploi des balances, des tuyaux et des robinets en cuivre est également prohibé, de même que l'utilisation du comptoir en cuivre chez les marchands de vins et liqueurs. L'étamage doit être fait régulièrement et une estampille indiquant le nom du fabricant et la date de l'étamage doit figurer sur le matériel. L'étain utilisé dans la fabrication des vases « destinés à contenir les aliments et les liquides » ne doit pas contenir plus de 10 % de plomb. Cette ordonnance est doublée d'une « instruction » dans laquelle il est également spécifié que toute atteinte à l'étamage doit conduire à un nouvel étamage immédiat ; il y est déconseillé également de laisser séjourner les aliments dans le cuivre étamé en raison des risques d'attaque du revêtement par l'acide. Plus particulièrement, l'instruction souligne le caractère « fort dangereux » de l'opération consistant à faire bouillir du vinaigre dans une bassine en cuivre, « dans le but de donner aux légumes et aux fruits [...] une belle couleur verte ». Enfin, ces recommandations concernent aussi les « vases de maillechort et d'argent » et ceux en « plaqué d'argent », sauf si l'épaisseur d'argent est suffisante. Cette ordonnance est le point de départ de nombreuses protestations et pétitions auxquelles le Comité consultatif d'hygiène publique a à répondre. Elle est étendue aux tuyaux pour le transport des liquides alimentaires par une circulaire du 28 septembre 1853, laquelle fixe le taux maximum de plomb dans l'étain à 16 %. Sont en particulier visés les débitants de boissons alcoolisées, dont ceux de bière. Difficile à mettre en pratique, l'application de l'ordonnance de février 1853 doit être rappelée à la mémoire des préfets par une circulaire ministérielle de juillet 1859, laquelle fait suite à une

¹⁷⁷ Seules les chaudières dites de cuites furent exemptées de cette interdiction, au motif que le mélange de houblon et de malt cuit dedans comportait une forte proportion de glucose sans effet sur le cuivre. À l'inverse, une fois fermentée, la bière était un liquide particulièrement acide et agressif pour le cuivre, d'où des mesures extrêmement sévères même pour les débitants de boisson. *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome IV, 1875, p. 363-365.

autre de mai 1857 pour interdire plus spécifiquement le salage des poissons dans des bassines en cuivre largement pratiqué dans certains ports¹⁷⁸. Une énième circulaire ministérielle en décembre 1860 demande encore aux préfets d'appliquer la loi avec rigueur.

Plus de vingt ans après, dans sa séance du 27 décembre 1886, le Comité est de nouveau saisi de cette question, suite à des contrôles qui ont montré un manque complet de respect de ces normes et un véritable risque sanitaire. Qui plus est, les tribunaux ont relaxé les prévenus en raison du manque de précision de la loi dans les titres des alliages. Dans un long rapport, le Dr Dubrisay fait un point précis, tant du point de vue législatif que pratique. Il constate que les fabricants produisent toute une gamme d'ustensiles de cuisine en étain avec des taux extrêmement élevés de plomb, entre 20 et 80 %. Trois sortes d'alliages d'étain sont vendues, dont la « claire » est la plus recherchée et titre à 40 % de plomb. Un quatrième alliage, le « caractère », est à base de plomb (80 %) et d'antimoine (20 %), plus connu sous le nom de « régule ». À côté des brocs en étain réglementaire, à 10 % de plomb, en sont vendus d'autres à 40 % dont la teneur en plomb est parfaitement authentifiable puisque figure dessus un C, marque de l'alliage « claire ». Le rapport mentionne aussi la présence de « marmites américaines » destinées « à faire des bouillons concentrés en vase clos » fabriquées elles-aussi en « claire », cette dernière étant signe « de bonne fabrication »¹⁷⁹. Le rapporteur déclare d'ailleurs que l'un des fabricants de ces marmites, tout à fait conscient de la nocivité du métal, « ne permettrait pas à sa famille d'en faire usage » et recommande à ses clients de ne surtout pas saler les aliments mis à cuire. Le rapport signale enfin une pétition de 1886 remise par la chambre syndicale des ouvriers potiers d'étain de la ville de Paris, pour alerter les pouvoirs publics sur la dégradation des alliages opérée depuis 30 ans ; ces ouvriers y dénonçaient l'utilisation généralisée d'alliages d'étain « malsains » doublée de celle du « régule », encore plus nocif, et qui, proche par sa couleur de celle de l'étain, mais moins cher, était très répandu. L'argumentaire de cette pétition est triple : santé publique d'abord, avec une insistance particulière sur les biberons et timbales pour enfants, tromperie commerciale, avec la concurrence du régule, et hygiène professionnelle avec mention des effets du plomb sur les ouvriers obligés de le travailler. Le Comité, en toute logique, a conclu à l'autorisation d'un titre unique d'alliage d'étain, à 10 % de plomb, pour les vases et ustensiles à usage alimentaire, dont les cuillers et fourchettes, comme pour tous les objets portés à la bouche (sifflets, trompettes, jouets) et pour les tôles destinées à recouvrir les comptoirs des marchands de vin. Toutes les soudures doivent quant à elles être réalisées à l'étain fin. Le zinc est totalement interdit dans l'ensemble des usages précédemment mentionnés, de même que la fabrication des biberons en

¹⁷⁸ *Ibid.*, p. 356-357.

¹⁷⁹ En italique dans le texte. *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome XVI, 1886, p. 514.

étain quel qu'en soit le titre. Une note postérieure à cette séance mentionne le vote par le parlement allemand d'une loi similaire le 13 janvier 1887. En 1890, saisi par le Préfet de police de l'interprétation possible de la circulaire de 1886 quant au titre et à l'usage de l'appellation d'« étain fin », le Comité s'est rapproché du Conseil d'hygiène et de salubrité de la Seine qui s'est penché préalablement sur cette question. Après discussion, les conclusions ont demandé la suppression de l'expression « étain fin » des ordonnances et arrêtés comme désignant une pureté impossible à obtenir pour le commerce. L'étain à destination de l'étamage ou du rétamage devait être d'une teneur minimum de 97 % d'étain, et ne pas renfermer plus de 1,2 % de plomb et 1/10^e d'arsenic¹⁸⁰.

3.3. Boîtes de conserves

La boîte de conserve est l'un des symboles de l'industrialisation de l'alimentation, dont le développement est lié à l'histoire militaire et à la volonté de l'armée française de trouver un moyen de conserver les aliments dans le temps et dans des conditions de stockage et de transports difficiles. Les essais de Nicolas Appert remontent à 1795 et il ouvre une conserverie en 1803. La reconnaissance de son procédé intervient en 1810. Son adoption par les consommateurs est lente, et la période de la Première Guerre mondiale constitue une étape décisive dans son développement. Cependant, la question de l'innocuité des matériaux mis en œuvre est peu étudiée, à l'inverse des qualités nutritives et gustatives des aliments qui constituent un domaine de recherches très actif¹⁸¹. Or, elle est l'objet de controverses très vives et longues entre les fabricants de conserves et les pouvoirs publics, dont le Comité consultatif d'hygiène publique, en particulier sur la présence du plomb dans le fer-blanc et dans les soudures, mais aussi sur l'emploi du cuivre sous forme d'additif.

Le soudage au plomb

À partir de la circulaire de 1860 sur les métaux nocifs, le fer-blanc et la soudure sont l'objet de vives discussions, en raison des fortes teneurs en plomb présentes dans l'étamage et dans les alliages de soudage. Plusieurs crises ont lieu pendant lesquelles les conserveurs essaient de contester la loi. En effet, dans le rapport de janvier 1879, le Comité a préconisé la pratique des

¹⁸⁰ *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome XX, 1890, p. 29-33.

¹⁸¹ Martin Bruegel, « Du temps annuel au temps quotidien : la conserve appertisée à la conquête du marché, 1810-1920 », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 1997, n°44-1, janvier-mars 1997, p. 40-67. *Id.*, « How the French Learned to eat Canned Food, 1809-1930s », in Belasco Warren et Scranton Philip (ed.), *Food Nations: Selling Taste in Consumer Societies*, New York, Routledge, 2002. *Id.*, « “Un sacrifice de plus à demander au soldat” : l'armée et l'introduction de la boîte de conserve dans l'alimentation française, 1872-1920 », *Revue historique*, 1995/3, n°256, p. 259-284.

soudures à l'extérieur des boîtes, afin d'éviter tout risque de contamination, se reportant aux conclusions du Conseil supérieur de santé de la Marine et au cahier des charges de la marine, adopté en particulier par les conserveries du port de Rochefort¹⁸². Dans ce même rapport, le Comité consultatif d'hygiène publique a précisé également que le fer-blanc utilisé dans la fabrication des boîtes doit être étamé à l'étain fin exclusivement, de manière à éviter tout risque de contamination par le plomb. Cette recommandation fait l'objet d'une circulaire ministérielle en mars 1879 qui déclenche de vives réactions des fabricants de boîtes de sardines à l'huile. Ceux-ci prétendent en effet que l'huile n'attaque pas le plomb et que tout risque de contamination est impossible. Ils sollicitent une exception afin de pouvoir continuer le soudage intérieur des boîtes. De nouveau le Comité consultatif d'hygiène publique, à partir du rapport de Brochard et Wurtz, répond par la négative¹⁸³. Il argue du fait que le risque est réel, d'autant plus que les boîtes sont souvent réutilisées ensuite, avec d'autres substances alimentaires à l'intérieur – un exemple fait référence à des cas de saturnisme décelés chez des marins se servant de ces boîtes pour y boire de l'eau – et que la contamination est possible aussi à ce moment là : « Si les fabricants ne peuvent être rendus responsables de l'emploi fait de leurs boîtes vides, il n'en est pas moins du devoir de l'Administration de veiller à ce qu'il ne se répande pas dans les usages domestiques des vases susceptibles de devenir dangereux à un moment donné ».

Ce passage montre combien le Comité a investi la sphère privée pour prévenir les risques sanitaires, même s'il s'agit d'un usage détourné des produits. Le Comité rappelle la technique aisée et déjà pratiquée des soudures extérieures, la possibilité de recourir à l'étain pur pour la soudure intérieure, et suggère un délai d'application à partir du 1^{er} août 1881, date à laquelle les stocks doivent être écoulés. Le débat n'en est pas clos pour autant : le Comité est saisi une troisième fois de cette question en 1880. Cette fois-ci, les acteurs de la contestation sont plus nombreux, et, qui plus est, les représentants de l'État en région sont aussi impliqués : le front de contestation réunit des municipalités productrices de sardines, les chambres de commerce et les préfets des zones concernées, afin d'obtenir une exception pour la fabrication des modèles de boîtes les plus petites (demi et quart).

Le combat des conserveurs s'est ensuite porté sur les délais d'application, qu'ils ont réussi à repousser jusqu'en 1891, soit plus de 10 ans, date à laquelle le Comité a refusé de leur en accorder de nouveaux. En 1897 néanmoins, c'est aux vendeurs de boîtes de conserves que le Comité accorde une prolongation des ventes, jusqu'en juin 1898, près de 20 ans après le premier texte d'interdiction. Un délai est alors accordé aux fabricants pour écouler les stocks de

¹⁸² *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome VIII, 1879, p. 337-339, Rochard (rapporteur) et Wurtz.

¹⁸³ *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome IX, 1880, séance du 21 juillet 1879, p. 304-309.

feuilles de métal déjà vernies pour la réalisation des boîtes, et ceux des boîtes remplies et mises en vente. Notons au passage que la demande du Comité, exprimée en 1881, de voir porter sur les boîtes de conserves la mention du millésime est, elle, restée lettre morte.

Le cuivre sous forme d'additif

L'ajout de sels de cuivre a été un second sujet de tension avec les fabricants de conserve. L'usage du cuivre dans le reverdissage des conserves de légumes est l'objet d'un long combat entre le Comité consultatif d'hygiène publique et les conserveurs dans la seconde moitié du XIX^e siècle. Outre l'usage pourtant prohibé des sels de cuivre, ces derniers utilisent des bassines de cuivre dans lesquels les produits séjournent un temps suffisant pour être colorés. Les formes métallique et non-métallique du cuivre sont mises à contribution pour le même objectif. En 1882, une controverse à ce sujet donne lieu à un rapport qui éclaire différemment les objectifs du Comité consultatif d'hygiène publique.

En effet, son intransigeance sur cette question vise alors à susciter de nouvelles recherches pour mettre au point de nouveaux procédés non toxiques. Le rapport Bussy de 1878 souligne par exemple la valeur d'un nouveau procédé de verdissage à la chlorophylle, sans recours aux sels de cuivre, mis au point en commun par un conserveur et un professeur d'université¹⁸⁴. En 1881, le rapport Gallard est consacré à cette question¹⁸⁵. Le sujet revient dès l'année suivante, preuve s'il le faut de la résistance des fabricants de conserves et de leurs tentatives de pression auprès du ministre de l'Agriculture. Dans les deux cas, le rapporteur souligne l'existence de procédés alternatifs n'utilisant pas les sels de cuivre, et la toxicité du cuivre, bien que discutée. L'État ne peut laisser son usage se répandre par un effet de mode plutôt que par nécessité : les légumes sont tout à fait sains sans le reverdissage. Dans la séance du 21 août 1882, le Dr Gallard présente au Comité un rapport approfondi avec les résultats d'analyses d'échantillons qui ont été réalisés par différentes institutions. Le taux de cuivre, dans la majorité des cas, dépasse les normes annoncées par les fabricants et communément admises, de 16 à 20 mg de cuivre par kg de conserve. Pasteur trouve des taux de 80 à 100 milligrammes de cuivre par kg de conserve, Wurtz entre 70 et 80 mg de cuivre par kg, et le laboratoire municipal de la ville de Paris en analysa avec un taux de 184 mg/kg. La proportion moyenne des échantillons était de 175 à 195 mg/kg. L'auteur du rapport souligne également le fait que ces taux élevés n'ont pas provoqué l'apparition d'un goût styptique¹⁸⁶, typique et désagréable, et que de fait, il a été

¹⁸⁴ Il s'agissait du procédé Lecourt et Guillemare qui reçut une médaille d'or à l'Exposition universelle de 1878. *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome 8, 1879, p. 366-370.

¹⁸⁵ *Comité consultatif d'hygiène publique*, tome 11, 1882, p. 362-374.

¹⁸⁶ Le goût styptique correspond à une sensation de compression des papilles de la langue et des muqueuses buccales.

impossible de déceler l'excès de cuivre lors de l'absorption des légumes. Le Comité persévère alors dans son choix d'interdire l'usage du cuivre, persuadé que les fabricants vont, sous cette pression, modifier leurs pratiques. Pasteur lui-même observe, à un an d'intervalle, que le nombre d'échantillons ne présentant pas de traces de cuivre a augmenté pour atteindre les trois quarts, contre un quart précédemment. Enfin, le rapport avance un dernier argument qui est celui de l'adultération de la marchandise, consécutive au traitement par les sels de cuivre. La modification de l'apparence des produits, à seule fin de les vendre, peut en effet être considérée comme une tentative de tromperie. En conclusion de ce rapport sur la toxicité du cuivre, le Comité réitère le souhait de voir figurer sur les boîtes leur date de fabrication et adopte la résolution suivante : « Dans l'état actuel de la science, il n'est pas démontré que le reverdissage des conserves pour les sels de cuivre soit absolument inoffensif ; il n'y a donc pas lieu de lever la prohibition ».

Les producteurs de conserves parviennent cependant en partie à leurs fins en 1889, lorsque le sujet est de nouveau examiné en séance. Un nouveau rapport, présenté cette fois par Grimaud, est cette fois favorable à la levée de l'interdiction de l'usage des sels de cuivre pour le verdissage des conserves. Il argue des travaux contradictoires précédents, des nouveaux travaux demandés à Jules Ogier, directeur du laboratoire de toxicologie, pour déterminer la digestibilité du cuivre et du préjudice subi par l'industrie française dans ses exportations en France et en Angleterre. L'argument financier et social avancé par les industriels (la ruine de leur industrie et le chômage lié) est, lui, jugé dénué de fondement.

3.4. Les décrets de 1912 et l'attention internationale

La question des emballages alimentaires est complexe, tant du fait de la nature des matériaux mis en œuvre que de la forme, du traitement et des usages des contenants. La loi de 1905 a clarifié bon nombre de points pour ce qui est des denrées alimentaires, mais les emballages n'y figurent pas de manière explicite. Le législateur a misé sur la publication de décrets qui devait répondre au cas par cas aux problèmes soulevés¹⁸⁷. Le décret du 15 avril 1912¹⁸⁸ et l'arrêté du 28 juin 1912 viennent remettre de l'ordre et cadrer l'application de l'ensemble des mesures législatives prises. Rappel est fait de l'interdiction d'utiliser des additifs autres que le sel – celui-ci est soumis à des contraintes de qualité et nature par les circulaires du 3 août et 1^{er} novembre 1912 – à l'exception de quelques cas qui sont déterminés dans la loi. Les articles 2 à 6 du décret d'avril 1912, consacrés aux métaux, interdisent le contact du cuivre, du

¹⁸⁷ Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ?... », *art. cit.*

¹⁸⁸ Décret du 15 avril 1912 : « Coloration, conservation, emballage et inscriptions ».

zinc et du fer galvanisé avec les aliments pendant leur fabrication et pour leur conservation. Trois domaines en sont exclus : la chocolaterie, la confiserie et les distilleries. Le plomb et l'arsenic sont particulièrement encadrés avec la définition des pourcentages autorisés dans les alliages. La soudure des récipients avec des alliages plombifères n'est autorisée qu'à l'extérieur, mais, chose surprenante, une tolérance est admise pour les bavures accidentelles touchant l'intérieur des boîtes. Les cinq articles s'attachent à couvrir l'ensemble des formes d'emballage : boîtes, ustensiles de fabrication, feuilles, capsules et revêtements – il s'agit autant de l'étamage que de « vernis contenant des métaux toxiques et attaquant à froid par l'acide nitrique concentré¹⁸⁹ ». Cette fois-ci, et il s'agit bien d'une innovation importante pour ce métal, l'aluminium y est cité comme métal de substitution aux alliages plombifères, dans le capsulage : une feuille d'aluminium insérée à l'intérieur de la capsule en alliage plombifère autorise l'emploi de cette dernière. L'article 7 concerne les feuilles d'emballage en papier : la réutilisation de vieux papiers pour l'emballage est interdite, à l'exception de quelques denrées qu'il est possible d'emballer dans de vieux journaux. Le décret insiste sur les papiers peints et papiers moirés en spécifiant leur interdiction pour l'emballage des denrées, car des sels de plomb et d'arsenic entrent dans la composition des encres. La différence entre denrées sèches et denrées « humides ou grasses » est maintenue, ces dernières ne pouvant être vendues que dans des papiers neufs, ou imprimés avec des encres adaptées s'il s'agit d'indications commerciales propres à informer le consommateur. Enfin, les articles 8 à 10 de l'arrêté du 28 juin 1912 précisent les conditions d'usage et la nature des colorants autorisés dans les aliments et les matériaux en contact avec ces derniers. Ils ne reprennent pas *in extenso* le décret du 19 décembre 1910, lequel a autorisé l'usage de l'aluminium, aux côtés de l'or et de l'argent, pour la métallisation des sucreries¹⁹⁰. L'article 9 insiste sur la pureté des colorants à utiliser. Les circulaires du 3 août et 1^{er} novembre 1912 apportent d'autres éléments pour compléter ce dispositif, et l'on y voit mentionner de nouveau l'aluminium. Si l'interdiction de contact des aliments avec du cuivre non étamé, du zinc et du métal galvanisé est rappelée, l'administration spécifie toutefois les types d'usage et d'objets qui ne sont pas concernés par ces restrictions : les appareils de distillerie et ceux de transvasement dans la mesure où les liquides n'y séjournent pas. Le détail des articles offre quelques contradictions, où l'on peut sans doute voir l'action des industriels concernés : les alambics en cuivre restent sans obligation d'étamage, les fûts et cuves pour l'expédition et la conservation des alcools et eaux distillées peuvent être en tôle galvanisée ou doublée de zinc. De même, le reverdissage des légumes par le cuivre et l'usage des ustensiles de cuisson en cuivre rouge à cette fin sont autorisés. L'aluminium est

¹⁸⁹ Décret du 28 juin 1912, article 6.

¹⁹⁰ Décret du 19 décembre 1910, article 10.

encore mentionné pour ce qui concerne les « papiers dits « d'étain » » : si le législateur exige que les feuilles soient réalisées en étain fin, il suggère aussi l'interposition d'une feuille de papier ou d'aluminium dans les boîtes à thé en provenance de l'étranger et tapissées de feuilles d'étain « fortement plombifère », afin que le thé soit « rigoureusement isolé ». Un délai pour cette dernière application est accordé jusqu'au 1^{er} janvier 1914.

Le secteur de la « sucrerie, confiserie, chocolaterie » a obtenu un certain nombre de dérogations par rapport au reste des denrées alimentaires non liquides dans les décrets du 19 décembre 1910 et du 19 juillet 1911. Ces derniers précisent la nature de certaines denrées comme le sucre et ses dérivés (mélasse, cassonade, vergeoise, candi, etc.) ou le miel et la confiserie. Ces textes tentent d'encadrer précisément l'usage des additifs, qu'il s'agisse des colorants, des arômes artificiels ou des gélifiants. La confiserie offre un inventaire surprenant des additifs autorisés pour la conservation ou la décoration des sucreries¹⁹¹, tel le talc pour le saupoudrage en surface. Des traces de cire, de blanc de baleine, de vaseline ou de paraffine sont admises dans la mesure où ces substances entrent dans la préparation de la surface des appareils de fabrication. La métallisation des sucreries est autorisée, à la condition de n'employer que l'or, l'argent et l'aluminium. Cette autorisation est une forme de reconnaissance officielle de l'innocuité de ces métaux « nobles » ingérés en petites quantités, à la fois en raison de la taille des confiseries et du caractère jugé alors exceptionnel de leur consommation : l'habitude de consommer ces confiseries est réservée à une élite et ne constitue pas une pratique importante. Pour l'emballage comme pour les aliments, le décret interdit d'utiliser de l'étain contenant plus de 0,5 % de plomb. En revanche, l'usage des feuilles d'aluminium est autorisé explicitement par l'article 26 de la circulaire du 19 juillet 1911.

Enfin, l'usage des colorants est bien sûr extrêmement encadré et fait l'objet du 27^e et long article de cette circulaire. Ce secteur concerne plusieurs acteurs au sein de l'État. En particulier, le texte confirme que tout nouveau colorant doit faire l'objet d'une approbation conjointe des ministres de l'Agriculture et de l'Intérieur, sur avis conjoint du Conseil supérieur d'hygiène publique de France et de l'Académie de médecine. Cette restriction est fondamentale car elle affirme la prédominance de l'administration sur l'activité commerciale. Elle a été rendue possible par la création, en 1907, du service de répression des fraudes du ministère de l'Agriculture, dont le directeur est Eugène Roux, figure emblématique de la construction de la régulation de l'alimentation¹⁹². E. Roux a en particulier construit un réseau d'expertise solide, dont les laboratoires des différents ministères incluant ceux des armées, déjà très impliqués sur

¹⁹¹ Outre les sucreries, la confiserie comprenait les fruits confits et les pâtes de fruits. Étaient considérées comme des sucreries toutes préparations alimentaires où le sucre constituait l'élément dominant, à l'exclusion des confitures, gelées et marmelades. Décret du 19 décembre 1910, Art. 8.

¹⁹² Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ?... », *art. cit.*

ces questions, ainsi que les laboratoires municipaux¹⁹³. Il œuvre alors à créer et organiser une profession, celle de l'expert chimiste indépendant des milieux académiques et des industriels.

Les colorants, à la différence des aliments, sont donc l'objet d'une attention très spécifique requérant une autorisation administrative avant leur utilisation et leur éventuelle commercialisation à des fins alimentaires. De ce point de vue, la démarche imposée est similaire à la démarche américaine qui a abouti au Pure Food and Drug Act en 1906. Elle est contraire à l'esprit défendu par Joseph Ruau, ministre de l'Agriculture, lors de la préparation de la loi de 1905 puis de sa mise en œuvre. Le décret d'application a dépassé l'intention de réprimer les fraudes et la falsification, pour s'engager dans la voie de l'hygiène publique et de la sécurité alimentaire.

La régulation française dans le domaine alimentaire est menée au regard des évolutions en cours dans les autres pays, en particulier par le biais des organisations et congrès internationaux. La France est particulièrement active dans les travaux du Congrès de la Société universelle de la Croix-Blanche, en septembre 1908, à Genève, dont l'objectif a été de définir l'aliment commercialement pur¹⁹⁴. Ce congrès est suivi en octobre 1909, à Paris, du Congrès international pour la répression des fraudes qui décida d'établir la liste des opérations utiles à la préparation des aliments. L'ouvrage de 1496 pages qui est édité a servi de document de référence, comme celui publié par la Société universelle de la Croix-Blanche, aux tribunaux français.

Le 16 octobre 1912, la France ratifie deux conventions internationales dans ce domaine : la Convention internationale pour la création du Bureau international permanent de chimie analytique concernant les matières destinées à l'alimentation de l'homme et des animaux, et la Convention internationale pour l'unification de la présentation des résultats d'analyse des matières destinées à l'alimentation de l'homme et des animaux¹⁹⁵.

Conclusion

Les travaux des médecins dans le domaine de la toxicologie, de la médecine légale et de l'hygiène en général font l'objet de larges publications tout au long du XIX^e siècle. Leurs conclusions ont un impact variable. Dans le cas de la pollution industrielle à Paris¹⁹⁶, le poids

¹⁹³ *Ibid.*, p. 95.

¹⁹⁴ *Ibid.*

¹⁹⁵ Celle-ci fut modifiée le 13 mai 1929.

¹⁹⁶ Thomas Le Roux, *Le laboratoire des pollutions industrielles*, *op. cit.*

des industriels et leur proximité avec les experts diligentés par les pouvoirs publics ont ralenti l'adoption de mesures de protection pour les populations environnantes, ou les ouvriers des usines concernés. Pour les ustensiles et emballages alimentaires, ce sont les fabricants, en particulier les conserveurs, qui ont freiné les changements techniques imposés par différents décrets. Le Comité d'hygiène, bien que consultatif, a tenu un rôle fondamental par les recommandations qu'il a exprimé après l'examen scientifique des dossiers. Outre la nocuité, les experts prennent aussi en compte les solutions techniques qui existent ou sont à l'étude afin de préconiser les plus inoffensives et d'en favoriser le développement. De ce point de vue, le Comité est un acteur essentiel de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée à des fins industrielles.

La figure du scientifique est complexe : les frontières entre les disciplines sont très perméables, et le médecin se fait chimiste comme le chimiste est aussi pharmacien¹⁹⁷. Leur vision des matériaux est tout aussi complexe, bien loin d'une volonté simplificatrice : chaque caractéristique chimique est prise en compte afin de reconstituer le puzzle de la matière. Le cas du cuivre est exemplaire, appréhendé dans un environnement global et dans ses interactions, sous forme métallique et non métallique. Dès le XIX^e siècle, les médecins cherchent à comprendre quelles peuvent être les sources possibles de contamination : animale, végétale, mais aussi environnementale, par les ustensiles de cuisine, les robinetteries, les additifs alimentaires et la pollution industrielle. Pour mener à bien leurs travaux, ils forcent les barrières institutionnelles et sociales et pénètrent autant les sphères publiques qu'intimes et privées : leur regard se porte sur la batterie de casseroles des ménages comme sur l'atelier de fabrication industrielle, ils soulèvent les questions de la pollution industrielle et celles des maladies professionnelles, ils embrassent les problèmes de conservation des aliments comme ceux de leur adultération.

Dans ce panorama où émerge la question de la contamination par les emballages alimentaires et les additifs, il nous manque la figure de l'usager. Le type de sources utilisées ne nous permet pas d'en saisir l'opinion et l'action, sauf en creux, en contrecoup d'un problème de santé par exemple : la demande de suppression des biberons fabriqués en plomb par les médecins venait sans aucun doute de cas de saturnisme détectés par les parents. De fait, c'est la maladie aiguë qui est d'abord analysée et pas les pathologies chroniques. Le fil est tout aussi ténu dans la littérature féminine, avec des évocations rapides, comme les petites cuillers en aluminium dont

¹⁹⁷ David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of the Chemist. The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998. Jean-Paul Gaudillière, *La médecine et les sciences XIX^e-XX^e siècles*, Paris, La Découverte, 2006.

l'usage, évoqué par Marie de Saverny¹⁹⁸, est à la mode sous le Second Empire. D'où l'on déduira l'expression d'une confiance envers ce matériau. L'expert est aussi usager : c'est le cas de ce médecin attentif aux indications relatives à l'étain précisées dans les magasins de vente, ou encore celui de Prosper Moissonnier qui évoque les gobelets de table en aluminium de ses enfants utilisés pendant trois ans sans signe de corrosion¹⁹⁹. Le dépouillement des revues ne permet pas de mettre au jour des témoignages directs : seules les publicités mentionnent des usages nouveaux, ou alors il faut passer par le prisme du journaliste scientifique comme Louis Figuié pour percevoir l'enthousiasme ou la méfiance, avec les biais que cela implique. Pas d'enquêtes de *commodo et incommodo* imposées pour employer un nouvel emballage, ou ajouter un additif : il est donc difficile de recueillir des plaintes à cet égard. Les archives des bureaux d'hygiène consacrées à la surveillance des marchés, pour ce que nous en savons, ne permettent pas non plus de saisir les réactions des usagers face aux différents types d'emballages utilisés ou à leur interdiction. Le recours aux débats parlementaires, aux correspondances et aux journaux intimes reste une piste à explorer.

¹⁹⁸ Marie de Saverny, *La femme hors de chez elle...*, *op. cit.*

¹⁹⁹ Prosper Moissonnier, *L'aluminium...*, *op. cit.*, p. 124.

II. LES BATAILLES POUR LA RÉGULATION ALIMENTAIRE EN OCCIDENT DE LA FIN DU XIX^E AUX ANNÉES 1930

A la fin du XIX^e siècle, une communauté scientifique internationale s'est constituée autour de l'étude de l'alimentation. Elle prend en compte tous les matériaux « de cuisine » nouveaux comme l'aluminium et les plus anciens tels le cuivre et le fer utilisés pour la cuisson ou la conservation des aliments. Il en est de même des techniques de conservation, comme l'appertisation²⁰⁰, la congélation, la dessiccation ou de la pasteurisation. Dans ce cadre, le conditionnement des aliments est désormais l'objet d'un double processus d'amélioration qualitatif et de régulation, pour des raisons commerciales et sanitaires. La place des matériaux et des additifs y devient prépondérante. Les guerres et les besoins spécifiques des troupes accélèrent les recherches et le développement de nouvelles applications. Parallèlement aux progrès de la science dans le champ de la chimie organique et de la toxicologie, l'industrie de l'alimentation s'approprie les nouvelles substances sans nécessairement en imaginer et en anticiper les effets sur la santé. La multiplication des risques de santé publique, clairement perçus par une grande partie des scientifiques et dénoncés par ceux-ci, conduit les États à réguler progressivement le vaste domaine de l'alimentation.

Ce mouvement de régulation a toujours comme première phase la définition des additifs par fonction, usages et nocivité : le rôle des scientifiques est donc essentiel dans ce travail qui est mené tant en Europe²⁰¹ qu'aux États-Unis²⁰². Le jeu des acteurs, lié au contexte économique, politique et social, révèle des différences nationales. Les décisions sont d'autant plus urgentes à prendre que les entreprises dans le domaine alimentaire s'emparent de ces nouvelles substances et qu'elles vont s'adjoindre les services d'une nouvelle catégorie professionnelle, les chimistes organiciens²⁰³.

²⁰⁰ L'appertisation est une méthode de conservation des aliments par stérilisation à la chaleur, dans des récipients hermétiquement clos (bocaux de verre, boîtes de conserve en fer-blanc ou en aluminium, etc.), mise au point par Nicolas Appert

²⁰¹ John Burnett and Derek J. Oddy (eds.), *The Origins and Development of Food Policies in Europe*, *op. cit.*

²⁰² Alice Hamilton, *Exploring the Dangerous Trades*, *op. cit.*

²⁰³ Sally M. Horrocks, « Quality control and research: the role of scientists in the British food industry, 1870-1939 », in John Burnett and Derek J. Oddy (eds.), *The Origins and Development of Food Policies in Europe*, *op. cit.*, p. 130-145.

Dans cette histoire, l'aluminium offre un cas d'étude exemplaire d'un matériau dont il est possible de suivre le rapide développement des usages et des recherches scientifiques. Sa production subit un changement considérable avec la mise en œuvre d'un nouveau procédé industriel, mis au point en 1886 par Paul Héroult en France et Charles-Martin Hall aux États-Unis. Désormais la voie est ouverte pour un usage illimité du métal dans les contenants alimentaires en raison de son coût désormais très bas et de ses caractéristiques chimiques et mécaniques meilleures que d'autres matériaux. Cette profusion d'objets métalliques se double à la même période de l'usage grandissant des composés d'aluminium – chlorure d'aluminium ou sulfate d'aluminium par exemple – dans les aliments. Les possibilités de contact avec le métal se multiplient, et, en conséquence, les risques de contamination et de toxicité. Là encore, on distingue des points communs entre les pays dans certaines applications, comme celles destinées aux armées, et des particularités nationales, comme le cas spectaculaire de la crise de la levure chimique aux États-Unis. Dans l'entre-deux-guerres, les politiques nationales font face de façon autonome à des questions de santé pourtant identiques. La comparaison entre les situations anglaise et française montre des différences considérables dans les controverses scientifiques et dans la nature des acteurs impliqués.

Dans la régulation des additifs alimentaires, les chronologies diffèrent sensiblement d'un pays à l'autre, mais la période avant la Première Guerre mondiale est marquée par l'élaboration des grandes lois sur l'alimentation en Europe comme États-Unis. Ce contexte législatif est indispensable pour saisir le sens et la portée des crises traversées alors par l'aluminium. Trois grandes crises secouent en effet le métal léger : la première se déroule dans les années 1890, à une époque où la production du métal n'est pas encore parfaitement maîtrisée. Elle a pour théâtre l'Europe, l'armée et les scientifiques et elle concerne l'aluminium métallique. La deuxième crise se déroule aux États-Unis, à la même époque, elle est spectaculaire par son ampleur et sa durée. Lancée par des industriels, les producteurs de levure chimique, elle implique un nombre considérable d'acteurs. La troisième se déroule dans l'entre-deux-guerres au Royaume-Uni. Elle vise les ustensiles de cuisine et la polémique est lancée par un médecin généraliste. Étonnement, elle n'a pas d'écho en France, pourtant premier producteur européen d'aluminium. Cette absence de polémique a-t-elle un sens, et lequel ?

1. QUELLE RÉGULATION ALIMENTAIRE ?

Si les aliments de base comme le lait ou le pain et la farine ont suscité une attention très forte des pouvoirs publics de tous les pays, c'est aussi parce qu'ils ont été l'objet de fortes

pratiques d'adultération²⁰⁴. L'usage de certains additifs pour la conservation des aliments était ancien, mais les progrès de la chimie ont eu pour effet, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, de banaliser l'utilisation de nouvelles substances dans les aliments à des fins organoleptiques.

1.1 L'additif alimentaire, un objet urgent à réguler

Des objectifs plus ou moins futiles

Encadré. Les additifs alimentaires

Les additifs alimentaires

Les additifs sont des substances ajoutées volontairement aux denrées alimentaires pour en améliorer la conservation, l'apparence, la saveur et la texture. Ils sont répartis entre quatre grands groupes selon leur fonction :

- les additifs destinés à assurer la conservation : conservateurs et antioxydants (ou antioxygènes)
- les modificateurs organoleptiques : colorants pour la couleur, arômes, exhausteurs de goût, édulcorants et acidifiants pour le goût et l'odeur
- les modificateurs de texture : gélifiants, épaississants, émulsifiants, stabilisants, agents levants, agents antiagglutinants, etc.
- les agents de fabrication, permanents ou transitoires : enzymes, agents clarifiants, floculants, etc.²⁰⁵

Ces substances, ajoutées dans les processus de fabrication des aliments soit pour faciliter ce processus, soit pour modifier l'aspect final du produit, figurent aussi dans les additifs alimentaires depuis le XIX^e siècle. Il peut s'agir d'agents de démoulage, comme le blanc de baleine ou la paraffine, d'agents lubrifiants comme le talc ou la vaseline, d'agents neutralisants aux vertus dé-acidifiantes comme le carbonate de soude, la chaux ou le mélange de chlorure de calcium et de soude dans les laits ou les crèmes destinées à la fabrication des fromages ou du beurre.

Certains additifs sont utilisés depuis très longtemps, comme le sel, et il est difficile d'en dater précisément l'usage. D'autres sont très récents, comme les antioxydants développés essentiellement à partir de la Seconde Guerre mondiale : le gallate de propyle est le premier

²⁰⁴ Pierre Guillaume, *Histoire sociale du lait*, op. cit. Alessandro Stanziani, « La fraude dans l'agro-alimentaire... », art. cit.

²⁰⁵ Commission des Communautés européennes, *Les additifs alimentaires et le consommateur*, Luxembourg, Office des publications officielles des communautés européennes, 1980.

oxydant à avoir été synthétisé par Boehm et Sabalitschka en 1942. Au début des années 1950, c'est au tour des gallates d'octyle (E311) et de dodécyle (E312) ainsi que du butylhydroxytoluène (BHT, E321).

L'usage des additifs est plus ou moins nécessaire à notre alimentation : les conservateurs ont permis de réels progrès et contribué à la disparition des disettes. L'emploi des colorants relève quant à lui plus d'un confort esthétique que d'une utilité nutritive.

Au XIX^e siècle, la recherche de nouveaux conservateurs et antioxydants a relevé d'une volonté commune des militaires, des pouvoirs publics et des médecins hygiénistes d'améliorer la qualité nutritionnelle des aliments et de les préserver plus longtemps afin de lutter contre les disettes. Il est difficile de dater avec exactitude les premiers usages de ces conservateurs par l'industrie. Le nitrite (E250) était utilisé depuis l'Antiquité sous la forme du salpêtre et on le mélangeait au sel au Moyen Âge pour le salage des viandes. L'identification du nitrite et sa transformation à partir du nitrate reviennent au chimiste allemand Eduard Polenske en 1891²⁰⁶, et les chimistes ont compris ensuite son rôle dans la préservation de la couleur des viandes²⁰⁷. S'il est impossible de savoir à quel moment précis il a commencé à être utilisé par les producteurs, on trouve sur le marché européen des mélanges de salage contenant du nitrite en 1913 et 1914. Aux États-Unis, la première autorisation pour l'utilisation directe des nitrites dans la viande remonte à 1923. L'acide benzoïque (E 210) est un conservateur alimentaire naturellement présent dans certaines plantes, dont les Allemands Friedrich Wöhler et Justus von Liebig découvrent les propriétés chimiques en 1837, à partir de l'amande amère. Son usage semble rapide, et en 1879, il est objet de discussions entre Pasteur et le Préfet de la Seine pour autoriser son emploi. Acide borique, borate de soude, acide salicylique sont aussi expérimentés dans la conservation des aliments en France dans les années 1870.

L'usage des colorants a procédé d'une démarche différente car ceux-ci sont utilisés pour rendre les aliments plus appétissants mais n'ont aucune utilité nutritive. Le reverdissage des légumes est pratiqué depuis l'Antiquité (le nitre d'Égypte est mentionné par Pline²⁰⁸) jusqu'aux XVIII^e et XIX^e siècles. La coloration en jaune était pratiquée par les Égyptiens au

²⁰⁶ Nathan S. Bryan, Joseph Loscalzo (eds.), *Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease*, New York, Humana Press, 2011, p. 69 et suivantes.

²⁰⁷ E.F. Binkert, O.E. Lolari, « The history and use of nitrate and nitrite in the curing of meat », *Food and Cosmetics Toxicology*, 13, 6, 1975, p. 655-661. Binkert et Lolari sont deux employés de la société américaine Amours et Company, laquelle est spécialisée dans l'emballage de la viande et a été fondée en 1867 à Chicago. L'article cité est issu d'une présentation faite devant un groupe d'experts consacré aux nitrites et aux nitrosamines du département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) à Washington. D.C., en 1974.

²⁰⁸ Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, traduction Littré, tome second, Paris, Firmin-Didot, 1877, Livre XXI : « il donne aux choux une couleur plus verte », p. 366-367.

moyen du safran, ou avec les fleurs de renoncule (toxiques) dans la coloration du beurre à l'époque moderne. Les progrès de la chimie organique dans ce domaine ont été extrêmement rapides à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle et ont eu des répercussions autant pour l'industrie alimentaire que pour celles du textile, de la peinture ou de l'imprimerie²⁰⁹. La première molécule à être découverte est l'aniline, identifiée par le chimiste allemand Otto Unverdorben en 1826 à partir de l'analyse de l'indigo. L'aniline a servi ensuite de base à la création de couleurs artificielles comme la fuchsine²¹⁰, la rosaniline, etc. William Perkins en a réalisé la première exploitation industrielle en 1856. Progressivement, l'usage des colorants naturels est remplacé par celui des colorants de synthèse, souvent plus puissants et aux effets réguliers dans leur mise en œuvre.

Les arômes, d'origine naturelle ou chimique, ont permis quant à eux le développement de nouveaux produits de consommation comme les sodas, les crèmes glacées ou certaines confiseries. Certains reproduisent l'arôme à l'identique, comme le menthol ou l'eucalyptol, tandis que d'autres sont créés sans référence à des arômes naturels, tel l'acétate d'amyle ou le diacétyl. Les arômes de synthèse comportent moins de constituants que les arômes naturels et peuvent être renforcés par les exhausteurs de goût, comme le glutamate de sodium. Isolé en 1912 dans une algue largement et anciennement utilisée dans la cuisine japonaise, cet additif est devenu d'usage très courant.

Les modificateurs de texture agissent sur la consistance de l'aliment en le modifiant ou en le stabilisant. Les émulsifiants permettent de produire une émulsion, laquelle est composée de deux éléments non miscibles, l'un lipophile, l'autre hydrophile. Leurs molécules font alors fonction de liant. C'est le cas de la margarine qui est une émulsion d'eau dans l'huile. Les lécithines (E322), extraites des graines de soja ou autres oléagineux, permettent par exemple de stabiliser les mayonnaises. Les poudres de cacao se mélangent mieux au lait si elles contiennent des émulsifiants. Dans la boulangerie et la pâtisserie, le rassissement est ralenti par les émulsifiants qui améliorent la répartition et la fixation de l'eau dans la pâte. Les épaississants et les gélifiants aident à produire et à fixer une texture et sont utilisés de façon traditionnelle dans certains domaines alimentaires, comme la gélatine d'os produite et utilisée par les charcutiers par exemple. Le recours aux épaississants, comme la cellulose (E460) et ses dérivés, permet d'éviter le phénomène de cristallisation dans les glaces et les laits aromatisés et d'alléger les pâtisseries et les produits de régime amaigrissant, en stabilisant les

²⁰⁹ Regina L. Blaszczyk, *The Color Revolution*, op. cit.

²¹⁰ Sur la fuchsine de 1863 à 1870, cf. Jean Bouvier, *Le Crédit lyonnais de 1863 à 1882. Les années de formation d'une banque de dépôt*, Paris, SEVPEN, 1961, p. 374-381.

produits sans matière grasse. Les phosphates, dont le phosphate d'aluminium sodique, figurent parmi les agents levants utilisés en boulangerie.

Enfin les enzymes indispensables à la production de boissons alcoolisées, mais aussi du pain et du fromage, sont produits industriellement depuis les années 1945-1950, par voie bactérienne ou fongique. Ils peuvent aussi servir à la clarification des jus de fruits.

Nécessité ou falsification ?

L'emploi des additifs alimentaires, qui a commencé à la fin du XIX^e siècle, a connu une première phase d'accélération dans l'entre-deux-guerres, et, en réponse, des vagues de régulation aux échelles nationales. Les congrès internationaux dans le domaine de l'hygiène, de la pharmacie, de la chimie et de la médecine se sont préoccupés de cette question à partir de 1879, à Amsterdam. En 1887, le Congrès d'hygiène a créé une commission internationale dont les membres ont aussi été impliqués dans la *Revue internationale des falsifications et d'analyse des matières alimentaires*²¹¹, publiée entre 1887 et 1916. Le Congrès de la Société universelle de la Croix-Blanche, tenu en septembre 1908 à Genève, s'est donné pour objectif de définir l'aliment commercialement pur²¹², et le Congrès international pour la répression des fraudes en octobre 1909, à Paris, a décidé d'établir la liste des opérations utiles à la préparation des aliments. Dans les deux cas, se jouait la place des additifs dans l'alimentation. Le très large éventail d'applications possibles pour les additifs, les progrès dans la conservation qu'ils ont induits et leur mise en œuvre quasi systématique par l'industrie agroalimentaire les ont rendus incontournables dans l'alimentation du second XX^e siècle. Difficile, voire impossible de les éviter. La question de leur utilité pour un usage donné a été considérée comme essentielle par les pouvoirs publics nationaux puis internationaux²¹³. Il n'est pas facile de savoir si cet argument « raisonnable » a été entendu par tout ou partie des industriels. La question des doses journalières ingérées a aussi évolué fortement entre le début et la fin du XX^e siècle. Si l'on pouvait considérer que la consommation des friandises par les enfants, jugée exceptionnelle par les membres du Comité consultatif d'hygiène publique dans le régime alimentaire commun de la fin du XIX^e siècle, autorisait l'usage de colorants pas tout à fait inoffensifs, ce n'était plus du tout le cas au milieu du XX^e siècle. Les bonbons et gâteaux faisaient désormais partie du régime alimentaire quotidien des enfants, avec leurs

²¹¹ René Truhaut et Raymond Souverain, *Contrôle des substances ajoutées aux aliments en France*, Rome, FAO, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1963.

²¹² Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ?... », *art. cit.*

²¹³ Commission des Communautés européennes, *Les additifs alimentaires et le consommateur...*, *op. cit.*, p. 35, paragraphes intitulés « Justification technologique » et « Bases scientifiques pour l'autorisation d'un additif ».

doses de sucre, arômes, colorants, gélifiants, exhausteurs de goût, etc. Il en est de même d'un nombre considérable de produits alimentaires comme les sodas ou produits laitiers aux arômes et couleurs aussi variés que leur contenu. La régulation postérieure à la Seconde Guerre mondiale a conduit à une progressive diminution du nombre d'additifs autorisés.

1.2. La régulation en Europe

Les pays européens ont commencé à établir des réglementations partielles sur l'alimentation à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle²¹⁴. Ce mouvement de régulation a d'abord concerné certaines villes, comme en Allemagne ou en France, puis a gagné les États.

Je ne vois pas pourquoi un épicier devrait me droguer

En Angleterre, le *Sale of Food and Drugs Act* (SFDA) de 1875 marque un pas important dans la lutte contre la fraude alimentaire, avec des moyens de coercition beaucoup plus importants que ceux des différentes lois promulguées entre 1860 et 1872 (*Adulteration Act*) : un réseau de chimistes publics chargés des contrôles sanitaires est instauré par les autorités locales²¹⁵. Il est l'aboutissement de plusieurs décennies de protestations conjointes de l'opinion publique et des scientifiques et il est mis en place malgré une intense résistance des industriels. M. French et J. Phillips²¹⁶ mentionnent l'action commune d'un docteur en médecine et d'un physicien dont les articles publiés dans *The Lancet*, entre 1851 et 1854, ont dénoncé la nature et l'ampleur des adultérations qu'ils constataient. Leurs articles ont contribué à sensibiliser le public à ces questions et ont entraîné la création, au Parlement, en 1856, d'une commission sur les adultérations des produits alimentaires et des médicaments.

²¹⁴ John Burnett and Derek J. Oddy (eds.), *The Origins and Development of Food Policies in Europe*, *op. cit.*

²¹⁵ John Burnett, *Plenty and Want, A Social History of Food in England from 1815 to the Present Day*, third edition, Londres, Routledge, 1989. Michael French et Jim Phillips, *Cheated not poisoned ? Food regulation in the United Kingdom, 1875-1938*, Manchester, Manchester University Press, 2000.

²¹⁶ Michael French et Jim Phillips, *Cheated not poisoned ?*, *op. cit.*

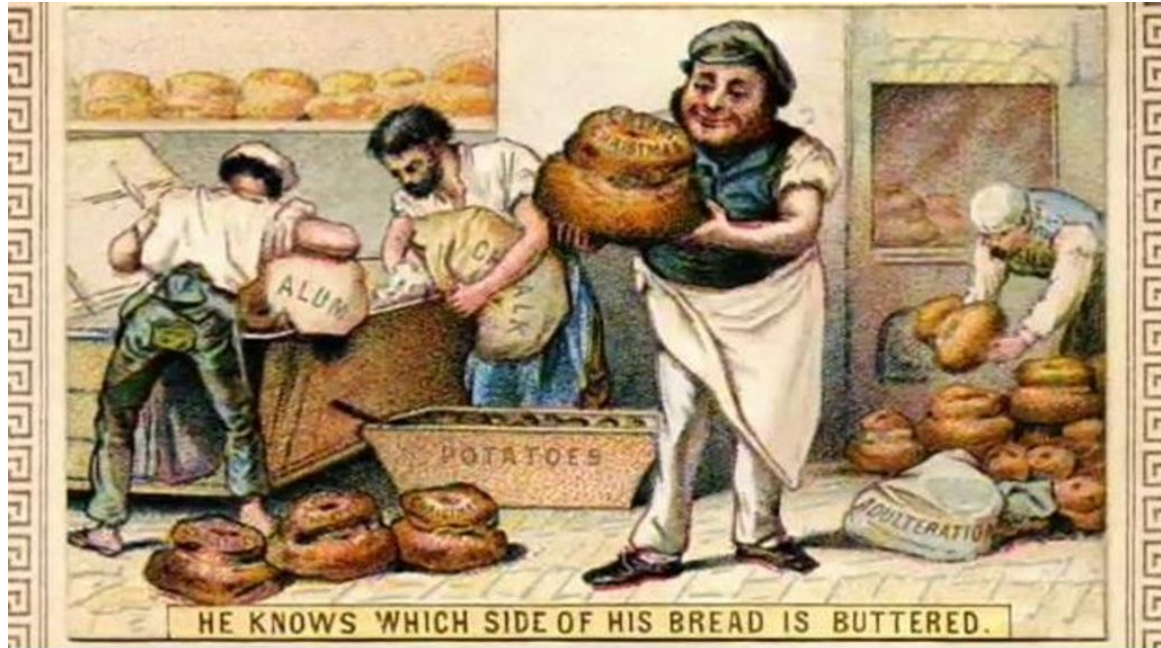


Fig. 3. « Il sait de quel côté de son pain est beurré »

Cette caricature illustre les pratiques douteuses des boulangers qui ajoutent des substances tels que l'alun dans la pâte à pain. Victorian Greeting Card, XIXe siècle, Royaume-Uni.

L'instauration d'un corps de chimistes publics a correspondu à une période de l'histoire anglaise où l'influence des industriels était amoindrie, tandis qu'arrivaient dans les services publics une nouvelle génération de « *civil servants* » qui aspiraient à l'impartialité de l'État²¹⁷. Le poids et le lobbying des entreprises agroalimentaires ont marqué considérablement l'histoire de la régulation en Angleterre, en raison de leur opposition à la mise en place de standards de qualité demandés par les chimistes. Si ceux-ci sont devenus progressivement incontournables et ont contrôlé effectivement la qualité sanitaire des produits alimentaires, les plus grandes avancées dans la protection des consommateurs sont le fait des médecins, que ce soit pour la question du lait ou celle des additifs. La loi autorisait l'emploi des additifs alimentaires destinés à garder la nourriture saine pour la consommation humaine, pourvu que les substances ne soient pas nuisibles, inefficaces ou simplement ajoutées pour augmenter le volume des aliments. Mais c'est l'emploi des conservateurs qui a dominé les débats au sein de la communauté scientifique. La question des matériaux et ustensiles semble avoir été peu prise en compte par les autorités administratives et scientifiques. Le débat sur les conservateurs est très visible dans la presse médicale, notamment *The Lancet* qui s'interroge

²¹⁷ *Ibid.* Les auteurs s'appuient notamment sur l'ouvrage de Jose Harris, *Private Lives, Public Spirit: Britain, 1870-1914*, Londres, 1993.

sur les effets pour la santé de l'acide salicylique (1877), du borax (1879) et des benzoates (1886). Le travail de la justice dans le cas de plaintes déposées contre des producteurs a été rendu difficile par l'absence de directive officielle commune comme de document de référence en chimie et toxicologie, ou de *codex*. Les *Local Government Boards* (LGB), créés à partir de 1871, n'avaient pas tous les mêmes positions, et des désaccords étaient aussi visibles entre la Society of Public Analysts (SPA) et le corps médical. La SPA elle-même a varié dans ses positions. Les rapports officiels successifs ont souligné cette absence de certitude quant à la nocivité des conservateurs, et ont proposé, comme cela se faisait dans d'autres pays, de contrôler leur usage et surtout de confier des études approfondies à ce sujet aux autorités scientifiques reconnues²¹⁸. Un débat important a eu lieu dans les années 1880, initié par *The Lancet*, qui dénonçait notamment l'absence de scientifiques dans les comités d'experts officiels et mettait en cause les compétences de la SPA dans les questions de santé. Après moult controverses en son sein, la Society of Medical Officers of Health a fini par voter une résolution contre les conservateurs en 1899. Une nouvelle étude officielle a été lancée, à laquelle ont participé cette fois-ci des scientifiques. Les débats et auditions ont souligné la grande variété des positions au sein des mêmes types d'acteurs, en fonction des intérêts de chacun. C'est en particulier le cas pour les industriels. Certaines entreprises défendaient l'importance des aliments purs, contre d'autres qui préconisaient et recouraient largement à l'usage d'additifs. Au sein des professions médicales et chimistes, on note aussi des clivages importants. Les positions sont le plus souvent guidées par des *a priori* et nullement appuyées sur des recherches médicales approfondies.

Encadré. Le lobby du borax

Le lobby du borax

Dans les années 1950, le borax est encore considéré comme un médicament en Angleterre. Il a fait l'objet d'une très forte campagne de défense par l'entreprise anglo-américaine Borax Consolidated Ltd., qui a diffusé des documents de synthèse pour défendre son innocuité, preuves médicales à l'appui²¹⁹. Celle-ci exploite un gisement important de borax découvert en 1875 en Californie, dans la Vallée de la mort. L'usage du borax était ancien, en particulier en métallurgie et marginalement en médecine. Son emploi dans l'alimentation est tout à fait nouveau, mais difficile à dater. Le borax est classé dans les substances toxiques depuis 2006.

²¹⁸ *Report on Food Products Alteration*, 1894 (253) et 1896 (288), cités par M. French et J. Phillips, *Cheated not poisoned ?*, *op. cit.*

²¹⁹ Michael French et Jim Phillips, *Cheated not poisoned ?*, *op. cit.*, p. 100.

Étonnement, le poids des chimistes de la SPA a été déterminant dans le retard pris dans la régulation des additifs. Menée par Otto Hehner, la SPA, lors de l'enquête officielle de 1900, a pris position contre la régulation, au motif – résumé par Hehner – que « Je ne vois pas pourquoi un épicier devrait me droguer »²²⁰. L'enquête a estimé alors que 39 % des aliments commercialisés au Royaume-Uni contenaient des conservateurs ou des antiseptiques²²¹. Hehner a été actif jusque dans les années 1920, et il est parvenu à faire repousser toute tentative dans ce domaine. Toutefois le rapport final a recommandé quand même d'interdire l'usage du formol, de restreindre celui de l'acide salicylique et d'autoriser seulement celui de l'acide borique et du borax dans les produits laitiers. Ce document est très important et il a permis aux LGB de combattre l'usage abusif des conservateurs. Il a permis aussi de lutter en partie contre les viandes d'importation contenant des conservateurs, comme les viandes américaines destinées notamment à la mise en conserve. La loi sur les conservateurs (*Preservatives Regulations*) n'a abouti qu'en 1925, après un très long débat qui a opposé industriels, chimistes, professions médicales et fonctionnaires d'État. Elle a obligé les médecins, tombés dans une « dangereuse apathie²²² », à s'impliquer dans ces questions de santé publique. La loi de 1875, elle, a été actualisée en 1938 par le *Food and Drug Act*.

Le Bureau impérial pour la santé à Berlin

Côté allemand, la mise en place d'une législation gouvernementale progressivement uniforme a démarré avec l'inspection obligatoire des viandes instaurée en Prusse en 1868. Les autres États allemands ont suivi ce progrès et imposé des lois similaires. Après l'unification de 1871, le Reich allemand a fondé le Bureau impérial pour la santé (*Kaiserliches Gesundheitsamt*) à Berlin et la première loi sur le commerce, l'alimentation et les ustensiles est votée le 14 mai 1879. Un contrôle sanitaire avec des inspecteurs est mis en place qui s'inspire de celui des stations de recherche agronomique déjà en place depuis 1851²²³. Les chimistes des laboratoires publics peuvent s'appuyer sur le volumineux travail d'inventaire des aliments de Joseph Köning, directeur du laboratoire de recherche agronomique de Münster, intitulé « Die

²²⁰ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 96 et suivantes.

²²¹ Comme en France, il s'agissait de l'acide borique, utilisé notamment dans le lait et la viande, de l'acide salicylique, utilisé dans le vin et les jus de fruit, ainsi que du formol dans une moindre mesure. Le formol est aujourd'hui classé dans les substances cancérogènes.

²²² L'expression est d'un représentant de la Society of Medical Officers of Health, pour caractériser la situation du début du XX^e siècle. Michael French et Jim Phillips, *Cheated not poisoned ?*, *op. cit.*, p. 113.

²²³ Nathalie Jas, *Au carrefour de la chimie et de l'agriculture. Les sciences agronomiques en France et en Allemagne, 1840-1914*, Paris, Éditions des Archives contemporaines, 2001.

menschlichen Nahrungs- und Genussmittel²²⁴ » – Les aliments et boissons pour l’homme. Les inspecteurs sont quant à eux aidés par un guide pour l’inspection alimentaire des marchés urbains élaboré par le Polytechnikum de Karlsruhe en 1876, et réalisé à la demande du gouvernement.

La régulation des questions alimentaires, bien amorcée dans la seconde moitié du XIX^e siècle, a connu une accélération dans l’entre-deux-guerres avec la mise à jour de la législation et son élargissement à des domaines comme les additifs et les matériaux pour ustensiles culinaires et conditionnement. Ce mouvement de régulation est directement lié à la progression importante de la taille des villes et à la nécessité d’approvisionner les populations nombreuses qui, désormais, n’ont plus les moyens de cultiver ou d’acheter directement aux producteurs leurs aliments. De nouveaux circuits de distribution sont mis en place, où les transports, en particulier les chemins de fer, jouent un rôle essentiel²²⁵. Cette activité donne lieu à la création de types d’emballages à même de conserver correctement les produits frais, par exemple le poisson ou les fruits. Certaines denrées ont connu une régulation plus rapide, comme le lait et les produits laitiers, parce les adultérations y étaient plus fréquentes et les effets, en particulier sur les nourrissons et les enfants, plus graves²²⁶. Le lait a pâti à la fois des conditions de transport, avec des transvasements successifs de récipients de natures différentes et de propreté douteuse, et des ajouts de substances diverses, plus ou moins toxiques. Jusqu’à la découverte de la pasteurisation, le lait a été considéré comme l’une des boissons les plus dangereuses dans les villes allemandes²²⁷.

La régulation, moteur de la recherche

Parallèlement, la recherche scientifique a engendré deux types d’effets. D’un côté, elle a progressé dans la compréhension des processus de dégradation des denrées et dans leur analyse toxicologique. Les chercheurs ont œuvré auprès des pouvoirs publics pour protéger les populations et faire évoluer les lois : c’est le cas en France de Louis Pasteur, en Allemagne de Friedrich Accum, et aux États-Unis de Harvey W. Wiley. Ces scientifiques ont contribué aussi à développer la formation de nouveaux chercheurs, les chimistes en alimentation, dont

²²⁴ Joseph Köning, *Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, ihre Herstellung, Zusammensetzung und Beschaffenheit, nebst einem Abriss über die Ernährungslehre*, Berlin, Springer, 1880.

²²⁵ Jean-Pierre Williot (dir.), « Approvisionnement ferroviaire et pratiques alimentaires des citadins », *Revue d’Histoire des chemins de fer*, n° 41.

²²⁶ Pierre Guillaume, « Combattre la fraude sur le lait », in Gérard Béaur, Hubert Bonin et Claire Lemercier (dir.), *Fraude, contrefaçon et contrebande de l’Antiquité à nos jours*, Genève, Droz, 2006, p. 579-591. Pierre Guillaume, *Histoire sociale du lait*, *op. cit.*

²²⁷ Hans J. Teuteberg, « Food adulteration and the beginnings of uniform food legislation... », *art. cit.*, p. 147-157.

le travail au sein des administrations comme au sein des entreprises a participé à faire progresser le contrôle sanitaire de l'industrie alimentaire²²⁸. Certains, tout en travaillant au sein d'institutions publiques, collaboraient avec des entreprises et aidaient à leur progression, comme Louis Pasteur dans le cas du vin et de la bière²²⁹, Justus von Liebig avec le jus de viande concentré²³⁰, ou Alfred Bird, avec la *custard powder*²³¹. Ils ont veillé aussi à développer la connaissance de leurs travaux à l'échelle nationale et internationale par la création d'associations scientifiques qui se réunissaient lors de congrès réguliers et publiaient des revues spécialisées. C'est le cas de la Society of Public Analysts au Royaume-Uni, créée en 1874, et qui publiait *The Analyst*. Elle a contribué à la standardisation des pratiques, à la structuration de la profession de chimiste et au développement des recherches toxicologiques. En Allemagne, la première revue consacrée à l'adultération alimentaire est publiée en 1878 par Hermann Wölfert à Leipzig : la *Zeitschrift gegen Verfälschung der Lebensmittel und sonstiger Verbrauchsgegenstände*²³².

D'un autre côté, les progrès de la science ont concouru aussi à mettre sur le marché de nouvelles substances chimiques, auxquelles les industriels se sont intéressés pour améliorer la qualité de leur production mais surtout pour baisser les prix de revient. On estime qu'en 1800 environ 550 substances chimiques organiques sont connues, et que leur nombre a atteint 150 000 au tournant du XX^e siècle²³³. Dans l'Angleterre de l'entre-deux-guerres, le nombre de chimistes dans les entreprises alimentaires ou chez les consultants indépendants travaillant pour elles a augmenté considérablement. La plupart d'entre eux sont cantonnés aux tâches de contrôle de la qualité alimentaire, mais dans les plus grosses entreprises, qui se dotent progressivement de laboratoires à partir de la fin des années 1890, leur rôle évolue. Ils sont désormais associés à la mise au point de nouvelles techniques de production et de nouveaux produits, lesquels incluent en particulier le recours aux additifs alimentaires, susceptibles de faire réaliser de substantielles économies à l'entreprise²³⁴. L'exemple de l'usine de Rowntree, dans le comté de York, est typique de cette évolution. Les profits dégagés par la production

²²⁸ Sally M. Horrocks, « Quality control and research... », *art. cit.*, p. 130-145. David Edgerton and Sally M. Horrocks, « British Industrial Research and Development before 1945 », *Economic History Review*, New Series, Vol. 47, n° 2, May 1994, p. 213-238.

²²⁹ Sur les relations de Pasteur avec l'industrie, voir Guillaume Carnino, « Louis Pasteur. La science au service de l'industrie », *Le Mouvement social*, n° 248, juillet-septembre 2014, p. 9-26.

²³⁰ Justus von Liebig, *Traité de chimie organique*, Paris, Fortin, Masson et Cie, tome 1, 1841, tome 2, 1842, tome 3, 1844. Mark R. Finlay, « Quackery and Cookery: Justus Liebig's Extract of Meat and the Theory of Nutrition in the Victorian Age », *Bulletin of the History of Medicine*, 66, 1992, p. 404-18.

²³¹ John Foley, *The Food Makers: A History of General Foods*, Banbury, General Foods, 1972.

²³² « Revue contre la falsification des aliments et d'autres produits de consommation ». Hans J. Teuteberg, « Food adulteration and the beginnings of uniform food legislation... », *art. cit.*

²³³ *Ibid.*

²³⁴ Sally M. Horrocks, « Quality control and research... », *art. cit.*

des arômes artificiels et des colorants ont permis au laboratoire de plaider pour plus de moyens²³⁵.

1.3. Le processus de régulation aux États-Unis

La régulation de l'industrie alimentaire a connu une étape fondamentale en 1906 aux États-Unis grâce à deux lois importantes : le *Meat Inspection Act* et le *Federal Food and Drugs Act*, sous le Président Théodore Roosevelt²³⁶. Dans la période précédente, depuis la fin du XIX^e siècle, plusieurs lois avaient permis de contrôler et limiter les importations de produits alimentaires comme la viande ou la margarine²³⁷. Mais leur adoption faisait surtout suite à la prise de conscience, née dans les années 1870, de la nécessité de lutter contre l'adultération. Ce mouvement a démarré sur la côte Est, et, comme en Europe, dans les zones urbanisées les plus exposées aux pratiques douteuses et aux altérations des denrées qui sont transportées des lieux de production aux lieux de consommation²³⁸. Le Département de l'Agriculture américain²³⁹ (USDA) a joué un rôle essentiel dans la conception du *Meat Inspection Act* et du *Federal Food and Drugs Act* et il a reçu la mission de réguler les commerces inter-états de la viande, des aliments et les produits médicaux. Doté d'un laboratoire de recherche depuis 1862, l'USDA débute ses travaux avec la question du sucre dans le vin. À partir de 1902, une équipe connue sous le nom de *Poison Squad* a mené une série d'expériences de façon la plus scientifiquement rigoureuse possible, avec l'aide de testeurs volontaires. Elle a fait émerger une extrême méfiance contre les additifs²⁴⁰. Son *Bulletin* a contribué à informer les consommateurs des traitements subis par les aliments et les boissons, et à relayer ses travaux. La division Chimie de l'USDA est devenue une ardente promotrice de la campagne de défense des aliments purs (*Pure Food Campaign*) qui a été menée par son directeur, Harvey W. Wiley, à partir des années 1880²⁴¹. En 1905, la publication du roman *The Jungle*, par l'écrivain

²³⁵ Michael French et Jim Phillips, *Cheated not Poisoned ?*, *op. cit.*

²³⁶ James Harvey Young, *Pure Food: Securing the Federal Food and Drugs Act of 1906*, Princeton, Princeton University Press, 1989 ; James Harvey Young, « Food and Drug Regulation Under the USDA, 1906-1940 », *Agricultural History*, Vol. 64, n° 2, *The United States Department of Agriculture in Historical Perspective*, Spring 1990, p. 134-142.

²³⁷ James Harvey Young, « 'This Greasy Counterfeit': Butter Versus Oleomargarine in the United States Congress, 1886 », *Bulletin of the History of Medicine*, 53, 1979, p. 392-414.

²³⁸ Mitchell Okun, *Fair Play in the Marketplace: The First Battle for Pure Food and Drugs*, DeKalb, Northern Illinois University Press, 1986.

²³⁹ La littérature retient le nom de *United States Department of Agriculture* (USDA) et nous suivons cet usage.

²⁴⁰ James Harvey Young, « The Science and Morals of Metabolism: Catsup and Benzoate of Soda », *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 23, 1968, p. 86-104 ; Wallace F. Janssen, « The Squad That Ate Poison », *FDA Consumer*, 15, December 1981-January 1982, p. 6-11.

²⁴¹ Lorine Swainston Goodwin, *The Pure Food, Drink, and Drug Crusaders, 1879-1914*, Jefferson, McFarland, 2006.

engagé Upton Sinclair, a déclenché chez les consommateurs une vague de défiance, voire de panique, très importante vis-à-vis de l'industrie de la viande. A partir d'une description des conditions de travail misérables des travailleurs immigrés aux États-Unis, Sinclair a dénoncé à la fois le manque d'hygiène des abattoirs et les traitements chimiques infligés à la viande. C'est le détonateur qui a poussé à la préparation du *Meat Inspection Act* et a renforcé le travail des promoteurs d'une loi plus générale sur les aliments et les médicaments. Des contrôles ont été instaurés et des inspecteurs recrutés pour exercer une surveillance sanitaire. Le problème n'a cependant pas été complètement résolu et de multiples crises de santé publique sont survenues, en particulier avec le lait. Plus d'une soixantaine d'aliments ont été soumis à investigations, dont nombre d'entre eux en conserve. Une plus grande rigueur dans l'organisation des contrôles a été instituée, mais la période des années 1920 et les orientations de l'administration républicaine n'ont pas permis de faire progresser la législation. En 1927, les fonctions de recherche et de contrôle du Bureau de la chimie sont séparées et le contrôle est placé sous l'autorité de la nouvelle administration en charge de l'alimentation, des médicaments et des insecticides. Des pratiques pourtant dangereuses ont perduré, comme l'usage de composés d'arsenic et de plomb dans le traitement des fruits. Il faut attendre 1938 et une crise de santé publique majeure pour que la loi de 1906 soit amendée dans le sens d'une plus grande protection du consommateur.



Fig. 4. Un sirop mortel : l'Élixir de Sulfanilamide

En 1937, la société Massengill commercialise l'Élixir Sulfanilamide, qui contient du diéthylène glycol, un analogue chimique de l'antigel, comme solvant du traitement systémique récemment découvert pour les infections. Ce produit toxique a entraîné la mort de plus de 100 personnes,

dont de nombreux enfants, et a conduit à l'obligation d'obtenir l'approbation préalable des médicaments par la FDA. ©FDA

Elle a conduit notamment à la création de la Federal Security Agency à laquelle la Food and Drug Administration est alors rattachée, quittant le giron de l'USDA. Néanmoins, en 1943, Alice Hamilton, chercheuse dans un centre de recherche bactériologique de l'Illinois, dénonce encore violemment « le retard médiéval des législateurs »²⁴² sur ces questions...

Les questions de santé et d'alimentation, tant en Europe qu'aux États-Unis, suscitent donc des débats de plus en plus vifs au fil du développement des additifs alimentaires. Les usages alimentaires de l'aluminium, sous forme d'additif ou de casserole, se développent donc dans un contexte complexe. Loin d'être évident, son emploi suscite des questionnements dès la fin du XIX^e, et l'apparition progressive d'une communauté scientifique spécialisée.

2. LE MÉTAL BON MARCHÉ EN PROIE À LA SUSPICION

Grâce au nouveau procédé de Paul Héroult et Charles Martin Hall, en 1886, l'aluminium est sorti du monde des fabricants du demi-luxe parisien et des articles de Paris pour devenir un métal banal. Son arrivée massive à faible coût, à partir des années 1890, a entraîné un essor considérable du nombre de ses applications et des quantités consommées²⁴³. La Première Guerre mondiale a joué un rôle moteur pour l'industrie de l'aluminium et a provoqué une accélération de son développement grâce aux usages militaires, en Europe comme aux États-Unis. La production mondiale qui était de 71 643 tonnes en 1913, a atteint 169 713 tonnes en 1918, dont les États-Unis ont produit 85 000 tonnes, s'affirmant comme le premier producteur mondial, loin devant l'Allemagne (25 000 t) et la France (11 826 t). Les principaux usages concernaient les avions et les dirigeables, ainsi que le matériel de tir et les explosifs. Mais les ustensiles culinaires, les boîtes de conserves et les autres formes d'emballages en aluminium ont été aussi adoptés par les armées.

Parallèlement au formidable développement industriel des usages alimentaires, un nouveau champ de recherche médicale, chimique et toxicologique s'est instauré à l'échelle

²⁴² Alice Hamilton, *Exploring the Dangerous Trades*, op. cit., p. 7.

²⁴³ Margaret B.W. Graham and Pruitt Bettye H., *R & D for Industry: A Century of Technical Innovation at Alcoa*, Cambridge University Press, 1990. Florence Hachez-Leroy, *L'Aluminium Français...*, op. cit. Florence Hachez-Leroy et Ivan Grinberg (dir.), *Industrialisation et société en Europe occidentale de la fin du XIX^e siècle à nos jours. L'âge de l'aluminium...*, op. cit. Eric Schatzberg, « Symbolic Culture and Technological Change: The Cultural History of Aluminum as an Industrial Material », *Enterprise & Society*, Volume 4, Number 2, June 2003, p. 226-271. George D. Smith, *From Monopoly to Competition. The Transformations of Alcoa 1888-1986*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988. Mimi Sheller, *Aluminum Dreams. The Making of Light Modernity*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2014.

internationale. Rapidement un clivage entre partisans et adversaires de l'aluminium s'est créé, au fil des controverses dont l'ampleur est variable. En dehors de la littérature scientifique, un nouveau type d'ouvrages polémiques très argumentés est apparu contre l'usage du métal dans l'alimentation, sous forme métallique et non métallique. Dans l'abondante littérature scientifique de cette période, une partie des travaux menés a reconsidéré la question de l'innocuité du métal et des publications grand public ont ouvert un débat en dehors du champ scientifique. Le rôle des industriels a été actif : en France comme au Royaume-Uni et aux États-Unis, ils ont financé des recherches publiques et publié les résultats obtenus²⁴⁴.

2.1. La crise allemande de 1891

Dans les années 1890, le milieu scientifique a amorcé l'analyse du métal produit par le nouveau procédé Hall/Hérault avec le soutien des armées qui cherchaient à alléger l'équipement des soldats. Les Allemands ont été les premiers à tester les possibilités du métal dans ce domaine. Cette situation est d'autant plus intéressante que l'Allemagne ne possédait pas, à cette date, d'usine de production d'aluminium. Elle dépendait étroitement des industriels suisses, qui disposaient du brevet Hérault, et de la production d'aluminium française et américaine. Dans les années 1890, les travaux se sont multipliés, à l'échelle internationale, pour en définir les caractéristiques physico-chimiques. La mise au point du procédé de production de l'aluminium Hérault-Hall a suscité une vague de travaux neufs et de nouvelles polémiques scientifiques, sur fond de rivalité politique franco-allemande.

L'origine de la polémique

En 1891, les chimistes allemands Anton Lubbert et Roscher lance le débat avec un article dans lequel ils déconseillent l'usage de l'aluminium, en particulier pour les gourdes des soldats²⁴⁵. Le métal provenait sans doute de l'usine de Neuhausen, en Suisse, où le Dr Kiliani poursuivait l'amélioration du procédé Hérault après le départ de celui-ci, mais avec moins de succès, ou encore des États-Unis, qui, à cette date, exportaient du métal vers l'Allemagne, le marché le plus consommateur d'aluminium²⁴⁶. Dans les deux cas, la pureté du métal est encore insatisfaisante faute de maîtriser correctement la production.

²⁴⁴ Florence Hachez-Leroy, « Polémique autour d'un nouveau matériau : l'aluminium dans la cuisine XIX^e-XX^e siècles », *op. cit.* et « Aluminium in health and food: a gradual global approach », *art. cit.*

²⁴⁵ Anton Lubbert und Roscher, *Chem. Centralbl.*, 1891, Bd. II., n° 18, p. 780.

²⁴⁶ Le *Journal des Mines* rendit régulièrement compte de l'activité commerciale des Américains dans l'industrie de l'aluminium.

Les réactions aux affirmations de Lubbert et Roscher ont été rapides et nombreuses²⁴⁷. En France, la réponse est venue de l'armée par l'intermédiaire du docteur Joseph Balland²⁴⁸ qui a mené une série d'analyses présentées devant l'Académie des sciences en juin 1892²⁴⁹. Son étude repose sur le comportement d'échantillons d'aluminium prélevés sur des tôles achetées dans le commerce en 1891, et immergés dans différents mélanges (bière, vin, vinaigre, eau, etc.) pendant environ 4 mois ; il a effectué systématiquement la pesée avant et après et examina l'état de surface. Ses conclusions sont à l'opposé de celles de Lubbert et Roscher : l'aluminium réagit effectivement au sel marin et au vinaigre, mais sans que cela ne compromette son usage car l'attaque reste faible, en particulier par comparaison avec d'autres matériaux traditionnellement utilisés. À aucun moment n'est mentionnée l'ingestion d'aluminium par contamination des denrées. La conclusion de Balland est très positive et encourage l'ensemble des applications envisagées par l'armée : « conservation des denrées en caisses étanches », ustensiles dans les ambulances, télégraphie, accessoires d'uniformes, gamelles et autres ustensiles de cuisine, armement (fourreaux de baïonnettes). Le gain en poids en est le principal argument car il permet d'augmenter la réserve en cartouches, auquel s'ajoute sa résistance aux agents atmosphériques. Notons au passage que le métal est sans doute en provenance de l'usine de Froges²⁵⁰, laquelle à cette date est une sorte d'usine pilote dont la qualité de la production et la pureté du métal sont les problèmes principaux à résoudre pour les ingénieurs.

²⁴⁷ Joseph Balland, « Sur l'aluminium », *Journal de pharmacie et de chimie*, tome XXVI, 1892, p. 49-54, et Joseph Balland, « Sur les ustensiles en aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 26 août 1895, tome CXXI, n° 9, p 381-383 ; Marcel Guichard, *Annales d'hygiène*, juillet 1896, p. 42 ; Dr S. Camilla, « Sulla intaccabilità dell'aluminio dal punto di vista igienico » (L'aluminium est-il attaqué par les substances alimentaires ?), *Rivista d'Igiene e Sanità pubblica*, 1^{er} et 16 décembre 1896, p. 935 et 995, cité par la *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1897, n° 19, « Revue des Journaux », p. 746 ; A. Khoklovsky, *Analyse chimique des marmites et des barillets en alliage d'aluminium, faisant partie de l'équipement des soldats*, thèse de Saint-Petersbourg, cité par la *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1899, n° 21, « Revue des Journaux », p. 361 ; Alfred Leriche, « Ustensiles destinés aux aliments », *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1900, n° 22, l'aluminium est évoqué aux pages 718-721.

²⁴⁸ Diplômé de l'École impériale du Service de Santé militaire de Strasbourg, Joseph-Félix-Antoine Balland (1845-1927) reçut son diplôme de pharmacien de 1^{ère} classe en août 1868. J. Balland pratiqua de nombreuses analyses et travailla à améliorer les conditions de conservation des denrées.

²⁴⁹ Joseph Balland, « Sur l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXXIV, séance du 27 juin 1892, p. 1536-1538. La note est reproduite in extenso dans le *Journal de pharmacie et de chimie*, tome 26, 1892, p. 49-54.

²⁵⁰ Jacques Bocquentin, in Paul Morel, *Histoire technique de la production d'aluminium*, Grenoble, PUG, 1999, p. 38 et suivantes, et Muriel Le Roux, *L'entreprise et la recherche : Un siècle de recherche industrielle à Pechiney*, Paris, Rive Droite, 1999, p. 84 et suiv.

Répercussions médiatiques

Pour la première fois de son histoire, le milieu industriel est directement touché par la polémique lancée en Allemagne, à une période où le marché est fragile, en cours de construction : l'usine de Froges en 1891 est en surproduction et les dirigeants de la SEMF se posent la question de maintenir ou non la production tandis qu'Hérault poursuit ses travaux. Le débat lancé par les Allemands est rapidement relayé par la presse de vulgarisation scientifique, telle *La Nature* où l'on trouve mention des conclusions de Lubbert et Roscher dans le numéro de décembre 1891²⁵¹, dans un article anonyme intitulé « Limitation des applications de l'aluminium ». Le texte fait référence à des travaux présentés à la Société industrielle de Rouen en juin 1891 et à ceux des deux Allemands incriminés. Les propos sont peu empreints de prudence :

« L'aluminium ne doit jamais être employé pour des articles qui viennent en contact avec de l'eau bouillante, ni pour envelopper des conserves, car il s'introduirait par cet emploi dans l'économie en se dissolvant dans les substances alimentaires en contact avec lui. [...] Les récipients très légers construits en aluminium ne doivent pas être utilisés au service de l'armée... »²⁵²

Un second article, en février 1892, évoque plus largement l'industrie de l'aluminium sous le titre « L'aluminium. Son prix de revient actuel. – Son avenir » et reste sur cette position tout en soulignant les vastes possibilités d'applications qui s'offrent au métal :

« D'un autre côté, il est vrai que l'aluminium ne possède pas toutes les qualités qu'on lui avait attribuées tout d'abord dans un premier moment d'engouement ; on vient de prouver en effet qu'il était attaqué par les acides azotiques et sulfurique..., ce qui rend son emploi impraticable [...] pour les appareils culinaires en général. »²⁵³

Le démenti à ces propos est apporté dès le 16 juillet 1892, soit deux semaines après la communication de J. Balland à l'Académie, dans un article au titre évocateur : « Sur l'innocuité de l'aluminium appliqué aux usages domestiques ». Indiquant au lecteur que « Notre impartialité nous fait un devoir de reproduire ici les résultats obtenus par M. Balland, résultats qui contredisent ceux de MM. Lubbert et Roscher », l'auteur y reprend la note présentée par J. Balland devant l'Académie des sciences.

²⁵¹ « Limitation des applications de l'aluminium », *La Nature*, n° 967, 12 décembre 1891, p. 18-19.

²⁵² *Ibid.*

²⁵³ Henry Thivel, « L'aluminium. Son prix de revient actuel. – Son avenir », *La Nature*, n° 976, 13 février 1892.

La Science illustrée du premier semestre 1892, éditée sous la direction du vulgarisateur scientifique²⁵⁴ Louis Figuier, publie un autre exemple d'article polémique et nettement à charge contre l'aluminium, rédigé à partir des travaux de Lubbert et Roscher. Son auteur introduit son sujet par une remise en cause à la fois des États-Unis et des producteurs de métal :

« On s'est un peu pressé, notamment en Amérique, de qualifier l'aluminium de « métal de l'avenir ». Le public, qui croit assez facilement les choses imprimées et s'éprend volontiers des idées qu'il est incapable de discuter, fera bien de se mettre en garde contre l'enthousiasme précoce des producteurs d'aluminium et des inventeurs de procédés d'extraction de ce métal par voie électrolytique ou autre. »²⁵⁵

Il poursuit par un réquisitoire implacable, propre à provoquer la peur du lecteur :

« MM. Lubbert et Roscher ont étudié les applications du métal de l'avenir à la fabrication des articles courants et ils ont reconnu qu'il ne se prêtait pas à la plupart des usages domestiques. L'aluminium ne devrait jamais être employé pour les ustensiles qui ont à se trouver en contact avec l'eau bouillante. Il faut éviter les boîtes d'aluminium pour les conserves, parce que le métal passe dans les matières alimentaires. Les expériences auraient prouvé en outre que nombre de condiments, tels que les acides organiques en présence du sel de cuisine, les saumures, marinades, etc., ont une action dissolvante sur l'aluminium. Les gourdes et bidons ne conviennent pas au service des troupes, parce que le vinaigre, l'acide nitrique, l'acide tartrique, à la dose seulement de 1 %, attaquent le métal. Le vin de Bordeaux rouge, le vin de Moselle, et même les infusions de thé, de café, sans doute à cause de la présence du tain, produisent de effets analogues. »²⁵⁶

Et de conclure mi-figue mi-raisin qu'il n'y a pas de fumée sans feu :

« Nous donnons ces renseignements sans en garantir la rigoureuse exactitude. Toutefois, il est si facile de les contrôler qu'on ne saurait supposer aux auteurs la

²⁵⁴ Bruno Béguet, *La Science pour tous*, op. cit.

²⁵⁵ Philippe Delahaye « L'aluminium dans le ménage », *La science illustrée*, tome neuvième, premier semestre, 1892 p. 90.

²⁵⁶ *Ibid.*

machiavélique intention d'avoir voulu, sans de sérieux motifs, compromettre la réputation du métal de l'avenir. »²⁵⁷

Au premier rang de ce type de littérature se trouvent également les ouvrages publiés par Louis Figuier. Ce dernier a particulièrement bien relayé la naissance de l'aluminium dès 1854, informant régulièrement ses lecteurs des progrès du métal tant du point de vue des procédés de production et de transformation que des applications. *L'année scientifique 1892*²⁵⁸, publiée en 1893, revient avec précision sur l'origine de la suspicion dans un article de quatre pages : « Innocuité de l'aluminium appliqué aux usages culinaires ». Figuier y détaille les expériences scientifiques françaises et allemandes qui réfutent les travaux de Lubbert et Roscher, et fait référence à l'ouvrage de synthèse d'Adolphe Minet en 1890, qui assure lui aussi « l'innocuité du métal dans les conditions culinaires ». Il conforte son propos par la description du développement industriel du métal, non seulement en France mais aussi aux États-Unis, et souligne la baisse constante des prix de revient. L'article se termine par les avantages de l'aluminium dans les armées. D'autres journaux relayent la polémique, comme *La science française*, en octobre 1892, prenant clairement partie contre les accusateurs :

« Malheureusement deux chimistes allemands, MM. Lubbert et Roscher, ont essayé, fin 1891, de jeter une douche d'eau froide sur ce bel enthousiasme, en proclamant que l'aluminium n'est pas le métal inaltérable qu'on se figure. [...] Les affirmations des chimistes allemands n'étaient pas sans avoir causé quelque effarement dans le camp des aluminophiles, et l'un d'eux, M. Bolland (sic), a entrepris d'essayer par des essais de longue durée ce qu'il pouvait y avoir de fondé dans ces assertions. Il résulte de ces essais poursuivis pendant plusieurs mois et dont le résultat vient d'être communiqué à l'Académie des sciences que les craintes étaient au moins exagérées. »²⁵⁹

Le *Moniteur scientifique* a donné une place immédiate aux travaux de Lunge et Schmid insistant comme eux sur la totale innocuité du métal²⁶⁰.

²⁵⁷ *Ibid.*

²⁵⁸ Louis Figuier, *L'année scientifique et industrielle*, Trente-sixième année 1892, Paris, Hachette, 1893, p. 228-232.

²⁵⁹ E. Mahler, « L'aluminium », *La science française*, n° 84, 6 octobre 1892, p. 92.

²⁶⁰ Georg Lunge et Ernst Schmid, « Sur l'emploi de l'aluminium pour la fabrication des bidons et autres récipients », traduit du *Zeitschrift für angewandte Chemie* de janvier 1892, tome 39, janvier 1892, p. 280-281 : « Contrairement à l'opinion de MM. Lubbert et Roscher, les auteurs estiment que l'emploi de l'aluminium pour la fabrication des récipients, des boîtes de conserve et des instruments de chirurgie est d'une complète innocuité, vu la très faible quantité de sels aluminiques introduits ainsi dans l'organisme, mais que ce métal ne trouvera malheureusement pas d'applications dans l'industrie de l'acide nitrique. »

La portée de tels articles ne doit pas être sous-estimée même s'il est impossible d'en mesurer les effets, car l'influence des journaux de vulgarisation scientifique était forte²⁶¹. Elle a été réelle si l'on en juge par la publication d'articles en réponse à la polémique. La question est jugée suffisamment importante pour que le *Journal des mines* reprenne en première page la communication de Joseph Balland à l'Académie des sciences dans son numéro du 28 juillet 1892.

2.2. La recherche s'enracine

Cette période consécutive à l'apparition d'un métal en abondance, grâce à un nouveau procédé, se caractérise par une localisation de la recherche à la fois dans les domaines public et privé pour ce qui est de l'analyse du métal ou de la métallographie et plus strictement public pour ce qui est de sa toxicologie. Les journaux scientifiques français comme étrangers abondent en articles ou comptes rendus de recherches concernant l'analyse et la composition des alliages d'aluminium. Les auteurs y comparent les qualités dans le temps et l'espace, qu'il s'agisse du métal américain, anglais, français ou suisse²⁶². La nature du métal conditionne sa résistance aux agents chimiques, c'est en ces termes que la question de l'innocuité du métal est posée. L'on retiendra la promesse de ce champ de recherche exprimée dans les colonnes du *Moniteur scientifique* en 1892 par l'un de ses rédacteurs à la suite de la mise au point d'un nouvel alliage au titane par la Pittsburgh Reduction Company :

« En général, on peut dire que les alliages d'aluminium offrent encore un vaste champ inexploré. A l'exception des alliages au cuivre, les autres sont relativement peu connus, et l'influence du nickel, du chrome, du tungstène, etc., est encore à étudier. Peut-être de semblables additions à l'aluminium pur en corrigeraient les défauts, et le rêve du siècle de l'aluminium pourrait un jour se réaliser. »²⁶³

Deux scientifiques français ont eu un rôle important dans ce champ et ont consacré une partie de leurs travaux à l'aluminium, sa pureté et son innocuité. Joseph Balland d'abord, désormais chef de service au sein du laboratoire de l'Intendance créé en 1894, a poursuivi ses travaux

²⁶¹ Bruno Bégout, *La Science pour tous*, op. cit. ; Robert Fox, « les Conférences mondaines... », op. cit. ; Lise Andries (dir.), *Le partage des savoirs*, op. cit.

²⁶² Voir par exemple les articles publiés par *Le Moniteur scientifique*, et qui relayent les travaux étrangers. *Le Moniteur scientifique*, tome 39, janvier 1892 : « Sur l'aluminium, ses propriétés et son emploi », p. 39-43, traduit du *Zeitschrift für angew. Chemie*, 1890 ; M. F. Lynwood Garrison, « Les nouveaux alliages et leur emploi industriel », p. 43-48, traduit du *Journal of Franklin Institut* ; M. Regelsberger, « Analyse des alliages d'aluminium », p. 49-56, traduit du *Zeitschrift für angew. Chemie*, 1891.

²⁶³ A. Guyot, « Sur un nouvel alliage d'aluminium », traduit de *Stahl und Eisen*, *Le Moniteur scientifique*, avril 1892, p. 279.

sur ce sujet et a publié en 1895 une nouvelle note à l'Académie des sciences intitulée « Sur les ustensiles en aluminium » dans laquelle il souligne le rôle du ministère de la Guerre, qui, en dotant les soldats d'un équipement en aluminium, a permis au scientifique d'en examiner le comportement après usage. L'article présente les résultats de ces observations, et offre des conclusions intéressantes. J. Balland recommande l'utilisation d'un métal le plus pur possible, la présence d'impuretés fragilisant sa résistance aux attaques acides, et déconseille les soudures et agrafages avec d'autres métaux. Il précise la technique de l'emboutissage mise en œuvre pour la fabrication des ustensiles, qui évite le recours aux soudures, et offre un véritable avantage à l'aluminium en comparaison avec les matériaux concurrents. Il déconseille aussi le décapage à la soude des objets avant usage, lequel influe sur le poids final et rend plus vulnérable le métal surtout s'il reste des cristaux de soude après lavage. Il juge enfin inoffensive l'absorption d'alumine par l'homme : « Toutes ces masses floconneuses réunies se réduisent, par la dessiccation, à quelques centigrammes d'alumine en poudre, sans action sur l'économie ». Et de conclure avec optimisme :

« L'avenir de l'aluminium n'est pas compromis par les déceptions que l'on a pu avoir jusqu'à ce jour, car ces déceptions viennent généralement de la présence de métaux étrangers, contenus dans l'aluminium commercial ; elles viennent surtout de ce que la plupart des objets en aluminium sont fabriqués avec des alliages d'aluminium, ou avec des aluminiums contenant jusqu'à 8 % d'impuretés inégalement réparties, telles que le fer, le silicium, l'alumine, l'azote, le carbone, le borure de carbone. »²⁶⁴

Trois autres notes sont envoyées à ce sujet à l'Académie des sciences par J. Balland en 1897, dont la première seule a fait l'objet d'un compte rendu écrit : « Essai des ustensiles en aluminium »²⁶⁵, les deux autres étant juste citées. L'objectif des expériences menées est de parfaire les procédés d'analyse du métal, par attaque à l'acide chlorhydrique, afin de vérifier l'adéquation entre le cahier des charges de l'armée et le métal livré. Ces essais concernent essentiellement le métal pour usage alimentaire : « bidons-gourdes, quarts, gamelles individuelles, gamelles et marmites pour quatre hommes, tambours »²⁶⁶. Car le cahier des charges est déjà, en 1897, très précis : seul le métal pur entre 99 % et 99,5 % ou allié au cuivre (2 à 3 % maximum de cuivre) est accepté et ne doit pas avoir été décapé à la soude. A partir de ses expériences, J. Balland a noté une nette amélioration de la qualité du métal qui ne

²⁶⁴ J. Balland, « Sur les ustensiles en aluminium », 26 août 1895, *op. cit.* p. 383.

²⁶⁵ J. Balland, « Essai des ustensiles en aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome 124, séance du 8 juin 1897, p. 1313-1315.

²⁶⁶ *Ibid.*, p. 1314.

comportait quasiment plus de silicium, carbone et cuivre et une quantité moindre de fer. À l'issue de ces travaux, J. Balland se consacre ensuite exclusivement à l'étude des aliments, à leur composition et à leur conservation.

Le second chercheur est Henri Moissan, brillant scientifique, professeur de toxicologie à l'École supérieure de pharmacie de 1886 à 1899, puis professeur de chimie à la Faculté des sciences de Paris et directeur de l'Institut de Chimie appliquée. Ses travaux les plus importants concernent le fer et le fluor : il est l'inventeur d'un four électrique lui permettant d'étudier les métaux à très hautes températures²⁶⁷. Il analysa entre autres la dissociation et la volatilisation des métaux dont l'aluminium.

Encadré. Henri Moissan : un futur prix Nobel se penche sur l'aluminium

Un futur prix Nobel se penche sur l'aluminium

Henri Moissan est familier de l'aluminium pour avoir fréquenté le laboratoire d'Henri Sainte-Claire Deville, lequel a été rapporteur de sa thèse²⁶⁸, et pour avoir particulièrement travaillé avec Debray, le plus proche collaborateur de Sainte-Claire Deville. Il présente plusieurs notes²⁶⁹ relatives à l'aluminium en 1894 et 1899 devant l'Académie des sciences, et fait travailler cette question au sein de son laboratoire²⁷⁰, afin de déterminer des méthodes d'analyse du métal fiables. Il s'agit là de déterminer la nature et les quantités d'impuretés pour pousser les industriels à améliorer leur production. H. Moissan a analysé de l'aluminium industriel produit en 1893, et a comparé aussi dans sa note de décembre 1895 le métal américain de Pittsburgh, jugé de meilleure qualité que le métal allemand²⁷¹ qu'il avait analysé deux ans auparavant. Le premier titrait à 98,82 % d'aluminium (auquel s'ajoutaient 0,27 % de fer, 0,15 % de silicium, 0,35 % de cuivre, 0,10 % de sodium, 0,41 % de carbone et quelques traces d'azote et de titane) et le second à 96,12 % d'aluminium (auquel s'ajoutaient 1,08 % de fer, 1,94 % de silicium et 0,30 % de carbone). Le détail des compositions était loin d'être

²⁶⁷ H. Moissan étudia entre autres la dissociation et la volatilisation des métaux dont l'aluminium. Il reçut le prix Nobel de chimie en 1906. Cf. Christophe Charle et Eva Telkes, *Les Professeurs de la Faculté des sciences de Paris*, Paris, Institut National de Recherche Pédagogique, Éditions du CNRS, 1989.

²⁶⁸ Catherine Paquot, *Henri Sainte-Claire Deville, op. cit.*, p. 131.

²⁶⁹ H. Moissan, « Impuretés de l'aluminium industriel », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome CXIX, séance du 2 juillet 1894, p. 12-15 ; « Sur la présence du sodium dans l'aluminium préparé par électrolyse », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome CXXI, n° 23, séance du 2 décembre 1895, p. 794-798 ; « Analyse de l'aluminium et de ses alliages », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 9 décembre 1895.

²⁷⁰ H. Moissan présenta une note d'Edouard Defacqz lors de la séance de l'Académie des sciences du 27 décembre 1897, où il était précisé que « ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan, à l'École de Pharmacie ». Edouard Defacqz, « Sur les impuretés de l'aluminium et de ses alliages », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 27 décembre 1897, tome CXXV, p. 1174-1177.

²⁷¹ Moissan mentionna un bidon en aluminium fabriqué à Karlsruhe, où il n'y avait pas d'usine de production d'aluminium ; il devait donc s'agir d'une usine de fabrication d'ustensiles, et la provenance du métal pouvait être suisse, américaine ou française...

anodin : cela correspondait aux prémices de la métallurgie de l'aluminium à laquelle H. Moissan contribua. Cette partie de la note de H. Moissan, avec la comparaison entre le métal américain et le métal allemand, a fait l'objet d'une publication telle quelle dans le *Journal de Pharmacie* de janvier 1896. H. Moissan insistait en conclusion sur la nécessité de mesurer les propriétés mécaniques du métal pour estimer sa valeur. Il reçut le prix Nobel de chimie en 1906

La prédominance des travaux européens est réelle : outre J. Balland et Louis Lewin, les articles sur ce sujet font mention des travaux de G. Lunge et E. Schmid²⁷² en Suisse, de M. G. Rupt²⁷³ et Plagge²⁷⁴ en Allemagne. En 1897, Louis Lewin, docteur en médecine, spécialiste de pharmacie et de toxicologie, professeur à l'université de Berlin, publie un traité de toxicologie dans lequel l'aluminium ne figure pas parmi les matières mentionnées. En 1903, l'ouvrage, traduit et publié en français²⁷⁵, vante l'innocuité du métal et devient une référence pour les Français. En 1896, il faut encore signaler en Italie les travaux du Dr Stephano Camilla, chimiste au laboratoire scientifique de la Division Santé du ministère de l'Intérieur à Rome, qui publie un long article de référence dans la *Rivista d'Igiene*²⁷⁶. S. Camilla reprend les travaux déjà réalisés et effectue de nouvelles analyses, pour conclure lui aussi à l'innocuité de l'aluminium et à la nécessité pour les industriels d'en améliorer la pureté.

La recherche anglaise, comme l'américaine, semble alors beaucoup moins préoccupée de ces questions sanitaires. La troisième édition de l'ouvrage américain de Joseph W. Richards, en 1896, donne un bon panorama des connaissances scientifiques à cette date. Le métallurgiste, toujours très favorable aux usages domestiques, mentionne l'intérêt de l'armée américaine pour cette question. Promoteur du métal, il tend également à le défendre par l'évidence d'une diffusion de plus en plus large :

²⁷² Le professeur Georg Lunge était à Zurich, et fut assisté de Ernst Schmid. « Über die Verwendbarkeit des Aluminiums zu Feldflaschen und anderen Gefässen », *Zeitschrift für angewandte Chemie*, Januar, 1892, p. 7-10.

²⁷³ Ce chercheur allemand est mentionné dans plusieurs documents exclusivement pour cette publication (par ex., Louis Figuiet, *L'année scientifique*, 1893, p. 229), mais nous n'avons pas retrouvé trace d'autres travaux.

²⁷⁴ Chef du laboratoire de chimie appliquée à l'hygiène à l'Institut Frédéric-Guillaume, à Berlin, Wenzel Plagge publia en 1893 des travaux sur les ustensiles de cuisine en aluminium. L'expérience dura un an et demi pendant lequel deux cobayes cuisinèrent dans de la vaisselle en aluminium. Les analyses d'urine pratiquées ne révélèrent aucune trace d'aluminium et les deux personnes restèrent en bonne santé. D'autres expériences furent faites sur les animaux. *Archives de médecine navale*, n° 67, 1897, p. 497. Wenzel Plagge, *Ueber Feldflaschen und Kochgeschirre aus Aluminium; bearbeitet von Dr. Plagge und Georg Lebbin*, Berlin, Hirschwald, 1893.

²⁷⁵ Compte rendu publié dans *L'Union pharmaceutique*, 1903, p. 312. Lewin Louis, *Traité de toxicologie*, Paris, Octave Doin Ed., 1903.

²⁷⁶ Dr Stephano Camilla, « Sulla intaccabilità dell'aluminio dal punto di vista igienico », *Rivista d'Igiene e Sanità pubblica*, 1^{er} et 16 décembre 1896, p. 935 et 995. Un compte rendu en est fait dans la *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, n° 19, 1897, p. 746-748.

« Actuellement, pas moins de six grandes entreprises fabriquent des ustensiles de cuisine en aluminium aux États-Unis. [...] L'Amérique a certainement pris les devants dans l'application de l'aluminium, ce qui, selon l'avis ferme du rédacteur de ces lignes, va éclipser de façon considérable toutes les autres applications du métal. Les avantages bien établis de ces ustensiles sont les suivants : 1. Non toxique. On ne peut pas en dire autant des autres ustensiles, à l'exception de la vaisselle, chère et fragile, recouverte d'émail. [...] ²⁷⁷ »

L'argument n'est plus du domaine scientifique, même si, auparavant, J. W. Richards a pris le temps de citer les travaux défavorables à l'usage de l'aluminium, puis ceux, plus nombreux, très favorables. Sans parler de collusion d'intérêts entre le métallurgiste et les producteurs d'aluminium, on peut souligner toutefois le fait que les travaux de Richards sont financés par Alcoa dont il est l'un des experts²⁷⁸.

2.3. La crise de 1898-1899 et le retour sur l'expédition de Madagascar

Le débat sur la nocuité de l'aluminium est relancé par les travaux qu'Alfred Ditte²⁷⁹, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Paris, ancien élève d'Henri Sainte-Claire Deville, présente à l'Académie des sciences de Paris lors de la séance du 5 décembre 1898.

L'hypothèse d'Alfred Ditte

Dans sa note *Sur les propriétés de l'aluminium*, il remet en cause les travaux de Sainte-Claire Deville sur la résistance du métal à la corrosion des agents chimiques. Cela fait suite à deux premières notes en date de 1890²⁸⁰, dans lesquelles il évoquait l'action de l'acide sulfurique et

²⁷⁷ Joseph W. Richards, *Aluminium : its history, occurrence, properties, metallurgy and applications, including its alloys*, third edition, Philadelphie, Henry Carey Baird & Co, 1896. Richards était professeur de métallurgie à la Lehigh University.

²⁷⁸ George David Smith, *From Monopoly to Competition. The Transformations of Alcoa 1888-1986*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

²⁷⁹ Alfred Ditte (1843-1908) y enseignait depuis 1888 un cours de métallurgie qu'il publia chez Dunod sous le titre « *Leçons sur les métaux* » en 1891. Le second fascicule de cette édition offre un état des lieux de la production du métal où les deux procédés Sainte-Claire Deville et Héroult sont mentionnés. De même, il dresse un bilan des connaissances métallurgiques de tous les métaux connus, dans une approche monographique, sans toutefois aborder la question de leur innocuité. En 1902, il publia un second ouvrage : *Introduction à l'étude des métaux*, où l'approche était devenue transversale. Alfred Ditte, *Cours professés à la Faculté des sciences*, Paris, Société d'éditions scientifiques, 1902.

²⁸⁰ Alfred Ditte, « Action de l'acide sulfurique sur l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome CX, séance du 17 mars 1890, p. 573-576 et « Action de l'acide azotique sur l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 14 avril 1890, tome CX, p. 782-784.

celle de l'acide azotique sur l'aluminium. La note de 1898 va beaucoup plus loin. A. Ditte, très sûr de lui, annonce, dès la première phrase :

« L'aluminium a été considéré pendant longtemps comme un métal tout à fait remarquable à cause de la résistance qu'il paraît opposer à l'action de la plupart des agents chimiques ; et cependant cette résistance n'existe pas. »²⁸¹

La théorie d'A. Ditte repose sur le fait que dès que la couche d'alumine protectrice est enlevée ou attaquée, l'aluminium peut être totalement dissout par l'action chimique. Ses expériences ont mis en œuvre de l'aluminium dans des mélanges acides propres à attaquer l'alumine puis l'aluminium : mélange d'acide acétique et de sel marin par exemple, ce dernier étant systématiquement associé. Tout en reconnaissant la particularité du métal à se protéger par la couche d'alumine, il affirme la très grande sensibilité de l'aluminium à l'attaque des agents chimiques. A. Ditte conclue sa note par un paragraphe on ne peut plus clair et alarmant :

« En dernière analyse, l'aluminium est attaqué d'une manière plus ou moins profonde par tous les agents chimiques, ou à peu près, dès que, l'enduit protecteur habituel ayant disparu, en totalité ou en partie, le métal se trouve en contact avec les liquides qu'il renferme. Dans ses applications à la fabrication des vases culinaires, d'objets destinés à l'équipement de nos soldats, il y a donc lieu de se préoccuper des altérations plus ou moins intenses qu'il est susceptible d'éprouver. »²⁸²

Le chimiste désigne donc ouvertement les applications militaires, celles-là même que J. Balland, quatre ans plus tôt, a encouragées quand il défendait l'innocuité du métal. Deux autres notes viennent étayer ses hypothèses, en janvier et mars 1899, dans lesquelles A. Ditte étudie le comportement du métal soumis à l'action des acides en présence ou non d'oxygène. Là encore ses conclusions sont parlantes :

« Partout où la surface extérieure du métal aura laissé pénétrer une trace de sel marin à son intérieur [...] l'attaque continuera lentement [...]. Cet aluminium sera *malade* (sic) au même sens que le sont les objets antiques en cuivre [:] l'oxydation, d'abord superficielle, pénètre de proche en proche jusqu'aux

²⁸¹ Alfred Ditte, « Sur les propriétés de l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome CXXVII, séance du 5 décembre 1898, p. 919-924.

²⁸² *Ibid.*

profondeurs de la masse métallique dont elle détermine le gonflement et la désagrégation progressifs. »²⁸³

La note de mars 1899 apporte plus de précisions sur la nature du métal et l'origine des objets étudiés : il s'agit de vases neufs et d'objets réformés en provenance de l'expédition de Madagascar de 1894-1895 et confiés par les militaires. Pour la première fois dans ses travaux, A. Ditte porte son attention sur la nature des alliages. La première tôle étudiée avait servi à la confection des gamelles, marmites, quarts et caisses à eau des voitures citernes et contenait 3 % de cuivre et des quantités de fer et de silicium inférieures à 1 % de fer et de silicium. La seconde comportait 3 à 6 % de cuivre et avait servi à la confection des anses de marmites, anneaux et chainettes. A. Ditte soumet les deux tôles neuves à la chauffe intense puis à la trempe et note l'apparition de craquelures, fissures, déchirures et autres aspérités. Il compare ensuite l'aspect de ces tôles avec les objets de Madagascar et conclut à leur similitude. La face intérieure de la tôle de la citerne est « profondément attaquée ; elle est grisâtre et le métal est mélangée d'alumine qui adhère assez fortement ». L'état des gamelles montre que le « métal attaqué est mêlé d'alumine hydratée ; il est devenu cassant, sa surface est grenue, rugueuse, et la structure feuilletée est manifeste, quoique moins sensible que sur les fragments de caisse à eau constitués avec de la tôle plus épaisse. [...] il retient les substances alcalines, cause de maladie pour le métal... ». Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer cet état de dégradation, qu'il s'agisse de la nature des substances contenues ou de l'usage fait des récipients, comme l'oubli de la marmite sur le feu. A. Ditte se lance ensuite dans un long et véritable plaidoyer propre à convaincre ses lecteurs de la nécessité de reconsidérer les usages alimentaires de l'aluminium, avec deux types d'arguments : chimiques – les effets corrosifs des aliments ou liquides sur le métal –, hygiéniques – l'impossibilité de nettoyer correctement les récipients en raison de la présence de rayures et autres anfractuosités susceptibles de conserver des particules alimentaires et la complexité à utiliser des produits de nettoyage qui n'attaquent pas le métal. L'absorption d'alumine n'est pas considérée comme nocive. Et de conclure :

« Ces considérations, qui s'appliquent à tous les objets en aluminium, se rattachent immédiatement à l'ensemble des propriétés véritables de cet élément ; celles-ci en font un corps en réalité très altérable ; elles me paraissent de nature à

²⁸³ Alfred Ditte, « Sur quelques propriétés de l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 25 janvier 1899, tome CXXVIII, p. 196-201 ; « Sur les propriétés et les applications de l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 27 mars 1899, tome CXXVIII, p. 793-799.

inspirer certains doutes et à dissiper quelques illusions relativement aux applications industrielles de ce métal. »²⁸⁴

De fait, les conclusions d'Alfred Ditte conduisent à une remise en cause totale des applications de l'aluminium dans les ustensiles à usage alimentaire.

La réponse d'Henri Moissan

La réponse à ce point de vue radical est donnée par Henri Moissan un mois plus tard, lors de la séance de l'Académie des sciences du 10 avril 1899²⁸⁵. H. Moissan reconnaît la pertinence des expériences menées par A. Ditte, mais il marque son désaccord sur divers aspects et en particulier sur ses conclusions. La première critique porte sur le fait que l'analyse des tôles utilisées n'a pas été menée par A. Ditte lui-même, mais que celui-ci s'est fié aux analyses du Comité d'artillerie qui les lui a fournies. Cette précision révèle le travail de l'armée dans ce domaine, et le rôle qu'elle a pu jouer dans les processus d'amélioration ou d'innovation technique. Néanmoins, faute d'en connaître les paramètres, la fiabilité de ces résultats pouvait donc être questionnée. La seconde repose sur le choix des échantillons, issus d'un métal produit plus de six ans auparavant, alors même que la production du métal a fait des progrès notables, notamment dans le degré de pureté ; or c'est précisément les impuretés, dont le fer, qui expliquent un certain nombre des comportements observés.

Cette polémique est d'autant plus intéressante qu'elle montre les relations des scientifiques avec le monde de l'entreprise et avec l'Armée, à une période que l'on qualifie de « proto-recherche »²⁸⁶ dans les entreprises : l'activité de Moissan, dès 1894, témoigne de cette recherche d'un métal pur, préoccupation commune aux scientifiques des laboratoires publics comme aux industriels. Manifestement, H. Moissan est un familier des usines d'aluminium, bien qu'il ait été difficile de déterminer la nature de ses éventuelles relations²⁸⁷ : qu'il s'agisse de ses travaux de 1894 comme de sa réponse à A. Ditte en 1899, il argumente avec précision et justesse sur la date et le lieu de production du métal. Si le métal utilisé pour l'expédition de Madagascar a bien été produit en 1893, il provenait soit de l'usine de Froges où Paul Héroult travaillait à parfaire son procédé, soit de celle de Calypso, à Saint-Michel-de-Maurienne, où

²⁸⁴ Alfred Ditte, « Sur les propriétés et les applications de l'aluminium », *art. cit.*, p. 799.

²⁸⁵ Henri Moissan, « Sur les applications de l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 10 avril 1899, p. 895-901.

²⁸⁶ Muriel Le Roux, *L'entreprise et la recherche... op. cit.*, p. 67 et suivantes.

²⁸⁷ Muriel Le Roux signale que Paul Héroult « échangea des idées avec le professeur Henri Moissan » à propos du four à acier, mais elle ne mentionne pas les travaux de Moissan sur l'aluminium ou une quelconque collaboration entre le savant et l'industriel, ni entre l'armée et l'industriel. M. Le Roux, *L'entreprise et la recherche... op. cit.*, p. 50.

Adolphe Minet tentait désespérément de faire valoir son propre procédé. Or cette période de proto-recherche est inévitablement marquée par les tâtonnements, l'empirisme, et un métal de qualité très inégale, comme le souligne H. Moissan en 1894. L'allusion aux usines d'Hérault et de Secrétan est tout aussi significative, d'autant plus que Moissan attribue la capacité à obtenir un métal très pur à ce dernier : « Cette pureté de l'aluminium actuel a été due, en partie, aux perfectionnements que M. Secrétan a apportés au procédé Hall »²⁸⁸. E. Secrétan a pourtant échoué à produire de l'aluminium à coût et qualité comparable à celui de P. Héroult²⁸⁹. Le tableau d'analyse concernant l'aluminium et les alliages d'aluminium produits à des dates différentes souligne l'incapacité des producteurs d'aluminium à produire alors un métal pur et de qualité régulière. H. Moissan signale également, et cela est fondamental, le rôle de la Commission militaire de l'aluminium auprès des industriels pour les aider à l'amélioration de la qualité du métal, sans que soit détaillée la nature de cette aide. Il souligne néanmoins le « zèle » et « l'activité » de l'intendant Darolles auprès des usines de Froges et Calypso. Les conditions de la création de cette Commission et son activité sont racontées par Prosper Moissonnier, à cette époque pharmacien militaire à Versailles²⁹⁰. En effet, dans son livre, P. Moissonnier revendique l'idée d'employer l'aluminium dans le matériel de l'armée, idée qui lui serait venue vers 1886-1887, alors qu'il était en garnison à Belfort²⁹¹, à la lecture du *Moniteur scientifique*. Il s'est ensuite lancé dans l'analyse comparée d'échantillons d'aluminium de différentes provenances afin d'en vérifier la résistance et l'innocuité. En juillet 1892, il a adressé au ministre de la Guerre, Charles de Freycinet, un rapport consacré aux différentes utilisations possibles de l'aluminium dans le matériel militaire. Le 12 novembre suivant, celui-ci a décidé de créer la Commission militaire de l'aluminium afin d'étudier les propositions de Moissonnier et l'en a nommé membre permanent. Nommé ensuite secrétaire de la commission, ce dernier a agi en véritable directeur de la recherche : « nous nous attachâmes surtout à contrôler les recherches de laboratoire par l'étude pratique dans les fonderies, fabriques d'objets laminés, estampés, etc.²⁹² » Il a reçu en outre le soutien d'H. Moissan, nommé membre de la commission en 1893, qui est intercedé en sa faveur auprès du président de la République Sadi Carnot, pour lui débloquent une allocation de crédits pour poursuivre ses expériences, notamment sur du matériel de campement lors de manœuvres militaires en 1894. C'est au général Mercier,

²⁸⁸ Henri Moissan, « Sur les applications de l'aluminium », *op. cit.*, p. 895-901.

²⁸⁹ Éric Ratzel, « Un aventurier des temps industriels : Pierre Eugène Secrétan, 1836-1899 », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n° 22, 1998, p. 37-48.

²⁹⁰ Prosper Moissonnier, *L'aluminium, ses propriétés...*, *op. cit.*

²⁹¹ *Ibid.*, p. VII.

²⁹² *Ibid.*, p. IX.

ministre de la Guerre, qu'il revient la décision de doter le corps expéditionnaire de Madagascar de 50 000 bidons et gamelles en aluminium, « le tout confectionné par simple emboutissage, sans soudure ni rivetage ». L'ouvrage de Moissonnier entre ensuite dans le détail des progrès réalisés dans la production de métal pour améliorer sa pureté, « amélioration due sans conteste aux travaux d'études de la Commission ministérielle ». Il expose en particulier différentes méthodes d'analyse du métal, dont celles d'Henri Moissan, de Joseph Balland et la sienne. La construction de l'expertise nécessaire pour développer les usages de l'aluminium, et plus généralement des matériaux, s'est donc réalisée à partir des apports de la recherche publique tant civile que militaire à l'industrie privée. Le rôle de la Commission militaire au niveau de la production dans les usines mentionné par H. Moissan, comme les analyses menées par J. Balland au sein du laboratoire de l'Intendance, et celles de P. Moissonnier permettent d'émettre l'hypothèse selon laquelle le développement des applications alimentaires de l'aluminium à partir du procédé P. Héroult – c'est-à-dire 1888, date à laquelle il lance sa production en France – s'est affirmé en premier lieu dans la sphère militaire. Cela semble aussi être le cas du côté allemand, avec l'Institut Frédéric-Guillaume à Berlin, une école spéciale de médecine militaire²⁹³ où sont menées en 1894 des recherches sur l'aluminium²⁹⁴. Outre la collaboration entre militaires et industriels, H. Moissan apporte d'autres arguments. Il présente un certain nombre d'objets issus de l'expédition de Madagascar et en bon état de conservation depuis leur retour 3 ans auparavant ; il mentionne les extraits de rapports des chefs de corps de Madagascar concernant la substitution de l'aluminium dans les ustensiles de cuisine, dont tous concordent à souligner la solidité, la légèreté et la sécurité :

« Ces objets de campements sont plus propres, plus légers, se détériorent moins. [...] Ce matériel est absolument supérieur à l'ancien du point de vue de la légèreté, de la propreté, de la résistance et de l'absence d'oxydation. [...] Plus de rouille comme avec les objets de campement dont l'étamage disparaît rapidement ; partant, plus d'ustensiles troués ; plus de mauvais goût dans les bidons. »²⁹⁵

²⁹³ *Revue des Deux Mondes*, tome 96, 1871, p. 101.

²⁹⁴ *Deutsches Militärärztliche Zeitschrift*, 1894. P. Moissonnier y fait aussi largement allusion : Prosper Moissonnier, *L'aluminium...*, *op. cit.*, p. 125 et 138-140.

²⁹⁵ Henri Moissan, « Sur les applications de l'aluminium », *op. cit.*, p. 898. P. Moissonnier confirme ce propos. P. Moissonnier, *L'aluminium...*, *op. cit.*, p. 9.

Et il fait allusion, sans pouvoir les détailler, aux expériences menées par la Commission et consistant à faire utiliser des ustensiles en aluminium par les compagnies de chasseurs alpins et les compagnies d'Algérie.

L'expédition à Madagascar de 1894-1895 a été emblématique pour l'armée coloniale française, et l'a été tout autant pour l'aluminium, car elle constitue le premier exemple d'emploi du métal par les militaires français en zone tropicale avec environ 15000 objets emportés²⁹⁶, nombre considérable pour cette époque. Emblématique tant par les conditions rencontrées pénibles, voire héroïques, que par le succès remporté, elle a été l'objet d'un « panorama²⁹⁷ » au pavillon malgache de l'Exposition universelle de 1900 réalisé par Louis Tinayre²⁹⁸. Ce dernier a été correspondant militaire pour *Le Monde Illustré* pendant l'année 1895, et il est retourné sur les lieux en 1898. La description, apocalyptique, comme l'a été l'expédition elle-même en raison des terribles conditions climatiques et sanitaires, mentionne de façon très utile et saisissante la présence réelle du métal :

« De ci, de là, jonchant la route, ce n'étaient que voitures Lefèvre démontées, renversées... On butait à chaque instant dans des baïonnettes, dans des gamelles en aluminium, et nous pouvions suivre la ligne des artilleurs aux douilles de cartouches parsemées sur le terrain. »²⁹⁹

Les objets en aluminium y ont été particulièrement étudiés, à la demande de la Commission militaire de l'aluminium.

Le relais immédiat par la presse et la réaction de l'industriel

Comme lors de la crise précédente, les notes d'Alfred Ditte à l'Académie des sciences sont immédiatement relayées dans certains journaux tels que *La Nature*, où elles sont résumées

²⁹⁶ Chiffre mentionné par E. Vallin dans la *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, n° 19, 1897, p. 748 et dans Prosper Moissonnier, *L'aluminium*, op. cit., p. IX.

²⁹⁷ Le panorama est une technique reposant sur une image fixe agrandie et encouragée en France par Napoléon I^{er} qui y vit un moyen de magnifier ses batailles, et pour laquelle il imagina la construction de rotondes en bas des Champs-Élysées. Au XIX^e siècle, cette technique d'image fixe fut enrichie par celle du diorama mis au point par Daguerre, et fit florès lors de l'Exposition universelle de 1855 à Paris. François Robichon, « Le panorama, spectacle de l'histoire », *Le Mouvement Social*, avril-juin 1985, p. 65-86.

²⁹⁸ Sur Louis Tinayre, à la fois reporter, peintre, photographe, voir Anne de Bussac-Beauchef, Louis Tinayre (1861-1942), artiste-reporter et peintre des campagnes océanographiques du prince Albert I^{er} de Monaco : servitudes et grandeur d'une peinture documentaire, thèse de doctorat, université Paris IV, 1998. Sur la famille Tinayre, voir les travaux de Claude Schkolnyk, *Victoire Tinayre (1831-1895). Du socialisme utopique au positivisme prolétaire*, Paris, L'Harmattan, 1998, et « Les Tinayre, une famille de médiateurs culturels entre la France et la Hongrie », *Les Cahiers du Centre de Recherches Historiques*, 7, 1991. Huit bobines de films réalisés avec une caméra réversible Lumière en 1898 à Madagascar ont été déposées à la cinémathèque française en 2009.

²⁹⁹ Maurice Feuillet, « L'histoire d'un panorama », *Le mois littéraire et pittoresque*, tome IV, n° 24, décembre 1900 p. 550-566.

dans les numéros du 10 décembre 1898³⁰⁰ et du 1^{er} avril 1899, soit à chaque fois moins d'une semaine après la présentation devant l'Académie. Les interventions de Moissan sont traitées à l'identique. En mai 1899, la revue consacre un article à ce sujet, sous la plume de Léon Auscher : « Les emplois actuels de l'aluminium ». Si le début du texte fait explicitement référence aux débats en cours, le reste est surtout consacré aux applications naissantes dans l'automobile notamment aux réalisations d'Henry Partin et à ses alliages dénommés « partinium »³⁰¹.

En France, le premier producteur d'aluminium, la Société électrométallurgique française (SEMF), a aussi été la première entreprise de transformation du métal. La SEMF a développé cette stratégie en aval afin de développer le marché par les usages et elle produit des casseroles en aluminium³⁰². En 1897, la SEMF prend la décision de recourir à une expertise extérieure pour faire face aux rumeurs mettant encore en doute l'innocuité du métal. Elle sollicite Auguste Trillat³⁰³, alors chimiste dans une société pharmaceutique. A. Trillat ne publie le résultat de ses travaux qu'en 1915, dans un volumineux article, alors qu'il est devenu, depuis 1905, chef de service à l'Institut Pasteur. A l'inverse, il est curieux de constater qu'il ne fait pas du tout mention de ses travaux dans la notice³⁰⁴ qu'il publie lors de l'Exposition universelle de 1900. Ce document imprimé de 23 pages détaille ses travaux sur le formaldéhyde ou formol, pour lesquels A. Trillat a obtenu une large reconnaissance de la communauté scientifique française, et dont il étudie les possibles applications industrielles, notamment pour la désinfection, la conservation des aliments, la distillerie et la brasserie, la production de gélatine, etc. Il est aussi connu pour la publication de deux ouvrages sur l'industrie chimique allemande, en 1888 et 1900. En revanche, on ne trouve mention de la date à laquelle il a entamé sa collaboration avec la SEMF que dans une notice autobiographique imprimée de 1924, où il affirme avoir démarré cette collaboration en 1897.

³⁰⁰ *La Nature*, n° 1333, 10 décembre 1892, p. 31.

³⁰¹ Connu surtout pour ses applications dans l'automobile, les alliages partinium servaient aussi à la fabrication d'ustensiles culinaires « d'un ton mat à l'intérieur, poli à l'extérieur ». Plusieurs centaines de tonnes annuelles étaient consommées à l'usine de Puteaux. Prosper Moissonnier, *L'aluminium...*, *op. cit.*, p. 152.

³⁰² Florence Hachez-Leroy, *L'Aluminium Français*, *op. cit.*

³⁰³ Auguste Trillat (1861-1944) a travaillé dans le laboratoire de Bayer et Loew en Allemagne, de 1885 à 1888, puis au Collège de France, dans le laboratoire du professeur Paul Schützenberger – lequel a été adjoint de Sainte-Claire Deville avant sa nomination, en 1876, au Collège de France. Il est parti développer la fabrication du Formol dans les usines des Farbwerke Meister à Höchst en 1889. Il est ensuite directeur scientifique de la Maison Adrian et Cie (industrie pharmaceutique), de 1894 à 1908. Embauché en 1901 à l'Institut Pasteur, il est chef du service des recherches appliquées à l'hygiène de 1905 à 1934. A. Trillat, *Notice sur les titres et travaux de M. A. Trillat*, Laval, Imprimerie Barnéoud, 1933.

³⁰⁴ *Notice sur les travaux de M. Trillat concernant l'industrie chimique*, Poitiers, Imprimerie Blais et Roy, 1900. Elle devait figurer dans la « vitrine n° 619 » de la « Classe XIV ».

« En 1897, à l'époque où l'aluminium commençait à être fabriqué industriellement, je fus attaché à la société de Froges pour étudier spécialement les applications de ce métal dans les industries d'alimentation. Pendant de longues années et encore actuellement, j'ai recherché les causes de l'altération de ce métal, le rôle de ses impuretés, l'influence des facteurs physiques sur sa durée, la nature des tâches et des piqûres, etc. L'introduction de l'aluminium dans les industries d'alimentation présentait de graves difficultés, parmi lesquelles les unes provenaient des défauts du métal et d'autres de simples préjugés concernant sa prétendue toxicité, le mauvais goût communiqué aux liquides, son influence au cours des fermentations, etc. »³⁰⁵

Les archives de l'entreprise, quant à elles, ne font état de sa présence qu'à compter de 1907. Un autre scientifique a collaboré avec la SEMF, et en est devenu par la suite administrateur : Charles Combes³⁰⁶. Cet ami de Paul Héroult a publié en 1892 un ouvrage au titre simple : *Aluminium*. La SEMF a mis à sa disposition un grand nombre d'échantillons d'objets. X-Mines, Charles Combes était alors professeur de technologie chimique à l'École de physique et de chimie industrielle de la ville de Paris, et travaillait avec son frère dans le laboratoire de Friedel. Il fonde en 1893 la Société française de l'alumine pure, qui est rachetée par la SEMF en 1895.

L'hygiène militaire et l'aluminium

Le travail de la Commission de l'aluminium et les recherches de J. Balland et H. Moissan conduisent à l'adoption de l'aluminium dans les ustensiles du soldat. En 1911, le *Traité d'hygiène militaire*³⁰⁷ de Georges-Hubert Lemoine, professeur d'hygiène à l'École d'application du service de santé militaire du Val-de-Grâce et médecin principal de première classe, intègre cette présence du métal dans l'équipement militaire, non seulement en France mais d'une façon générale dans les armées européennes, russes et japonaises. La comparaison offerte entre les conserves alimentaires et les produits soumis à dessiccation et à compression montre que la plupart des armées européennes ont recours à la boîte de fer-blanc soudée ou sertie, à l'emballage avec du papier paraffiné ou de la feuille d'étain fin. Seule la Belgique se

³⁰⁵ Archives de l'Institut Pasteur, *Notice complémentaire concernant les titres de M. Trillat*. Sciences appliquées à l'industrie, Laval, Imprimerie Barnéoud, 1924, 13 p.

³⁰⁶ Laurence Lestel, *Itinéraires de chimistes 150 ans de chimie en France*, Paris, Edp Sciences, 2008, p. 95 ; Catherine Kounelis, « Charles Combes (1854-1907) et les débuts de l'industrie de l'aluminium électrolytique en France », *L'actualité chimique*, n° 345, 2010, p. 38-43.

³⁰⁷ Georges-Hubert Lemoine, *Traité d'hygiène militaire*, Paris, Masson et Cie Éditeurs, 1911. Georges-Hubert Lemoine, *Titres et travaux scientifiques*, Paris, Imprimerie de la Cour d'Appel, 1904.

distingue alors avec l'utilisation d'une « petite boîte en aluminium à couvercle mobile³⁰⁸ » pour la ration de sucre et de café. L'équipement du soldat français est encore présenté avec des ustensiles en fer étamé, dont le poids est important, et un « havre-sac » modèle 1895 à armature en bois, pour un total de 23 kg en moyenne. Outre la gamelle et le bidon individuels, les soldats doivent aussi se répartir une grande marmite et une grande gamelle pour quatre. Lemoine précise que les armées allemande et française ont toutes deux conclu dans les années 1890 à l'avantage de recourir à l'aluminium pour gagner du poids : le même équipement en fer-blanc était de 2,739 kg contre 1,518 kg en aluminium. De même, les propriétés physiques de l'aluminium rendent possible la conception d'ustensiles plus pratiques : la marmite individuelle en aluminium est dotée d'un couvercle faisant office d'assiette (400 g) et peut se substituer à la gamelle individuelle et à la marmite. Aucune réserve n'est émise sur la possible nocuité du métal ; aucune indication ne permet de connaître la diffusion précise des ustensiles en aluminium à cette date. Enfin, l'aluminium entre en considération pour les dispositifs de purification de l'eau et les procédés de fixation des couleurs des uniformes.

Quatre ans plus tard, le *Manuel d'infanterie à l'usage des sous-officiers* montre l'évolution de cette substitution : un paragraphe entier y est consacré à l'« Entretien des ustensiles et objets en aluminium³⁰⁹ ». Suit une description précise des ustensiles concernés : gamelle individuelle forme rognon et à 4 hommes, marmite à 4 hommes, marmite individuelle (1,5 litre, 2 litres et 3 litres), petit bidon d'un litre embouti, petit bidon avec quart adhérent, petit bidon de 2 litres embouti ou soudé, quart adhérent, moulin à café avec récipient agrafé ou embouti, quart avec anse, fût de grosse caisse et fût de tambour. Le manuel précise les mesures à prendre pour une conservation optimum en magasin, en conseillant un badigeonnage à la vaseline en couche très légère et les conditions de nettoyage lors de l'utilisation. Sont bien sûr interdits tous contacts avec des produits contenant des cristaux de soude et de la potasse ; à l'inverse, eau chaude, savon minéral, sable fin, voire son, terre sèche ou sciure de bois sont préconisés pour le matériel de cuisson, et l'eau froide pour les bidons individuels. L'aluminium est désormais banalisé par l'armée dans cet usage alimentaire, et cette adoption ouvre de fait la voie à des usages civils similaires.

La question de l'innocuité de l'aluminium croise celle de son autorisation ou pas par les pouvoirs publics. Cette question est une préoccupation des scientifiques depuis le XVIII^e siècle, dont l'acuité augmente au XIX^e siècle. La médecine légale, notamment, est sollicitée par le juge pour l'aider à distinguer l'empoisonnement, volontaire ou non. La

³⁰⁸ Georges-Hubert Lemoine, *Traité d'hygiène militaire*, op. cit., p. 201.

³⁰⁹ *Manuel d'infanterie à l'usage des sous-officiers, des caporaux et élèves caporaux*, 360^e édition, Paris, Henri Charles-Lavauzelle, Éditeur militaire, 1915, p. 947-948.

recherche s'oriente de ce fait vers une plus grande compréhension des mécanismes d'absorption et du degré de nocivité des substances ingérées par l'homme. Poussé à la fois par les progrès de la recherche et un corps social en demande d'une plus grande sécurité dans le domaine alimentaire – la fraude sur le lait en est un bon exemple –, le législateur a entrepris d'édifier un arsenal législatif propre à protéger le consommateur, en essayant de ne pas trop entraver l'activité économique « honnête ». La question de la fraude alimentaire rejoint ici celle de l'usage des matériaux comme contenants et additifs alimentaires.

3. LA CRISE DE LA LEVURE CHIMIQUE, MOTEUR DE LA RECHERCHE AMÉRICAINE

A l'échelle internationale, un faisceau de travaux converge désormais pour étudier l'aluminium sous toutes ses formes et examiner les risques alimentaires qui peuvent en découler. Les États-Unis, en retrait de la recherche jusque dans les années 1890, développent alors des moyens financiers et humains importants dans ce champ. Ceux-ci se focalisent en particulier sur une polémique industrielle et scientifique qui éclate à propos de la levure chimique et met en cause des composés d'aluminium. Crise majeure, elle est traitée au plus haut niveau de l'État. Elle se déroule à une période charnière dans l'histoire de la régulation, qui mène au vote du *Pure Food and Drugs Act* en 1906.

3.1. Le Remsen board

En effet, en 1908, le président Roosevelt a ordonné la création d'un comité d'experts, le *Remsen board*, chargé d'étudier l'influence des composés d'aluminium sur la qualité des aliments et sur la santé. Ce fut l'occasion de réaliser pour l'aluminium la première grande étude indépendante au monde d'une telle ampleur sur des humains.

La 1^{re} étude des effets de l'aluminium sur les humains

Encadré. Le Remsen board

Le *Remsen board* est composé de cinq experts renommés dont le président donne son nom comité. Tous sont membres de nombreuses académies et sociétés scientifiques américaines. Ira Remsen est chimiste et président de l'université Johns Hopkins, président de la National Academy of Sciences, président et fellow de l'American Chemical Society et de la Society of Chemical Industry, etc. ;

Russel H. Chittenden est professeur de chimie physiologique à l'université de Yale, directeur de la Sheffield Scientific School, *fellow* de la National Academy of Sciences, ancien président de la Society of Naturalists, de l'American Physiological Society, etc. ;

John H. Long, professeur de chimie à la Northwestern University Medical School, ancien président de l'American Association for the Advancement of Science, membre de l'Illinois State Board of Health, etc. ;

Theobald Smith, professeur de pathologie comparée à l'université Harvard, directeur du département de pathologie animale de l'Institut Rockefeller, *fellow* de diverses académies dont la National Academy of Sciences, la Philosophical Society, de l'American College of Physicians, de l'American Academy of Science, etc.

Alonzo E. Taylor, professeur de chimie physiologique à l'université de Pennsylvanie, est sans doute le moins titré des cinq experts. Il est simple membre des académies précédemment citées.

Les experts doivent répondre à trois questions : les composés d'aluminium affectent-ils la valeur nutritionnelle des aliments dans lesquels ils sont ajoutés ou rendent-ils ces derniers dangereux pour la santé ? Est-ce que l'ajout de composés d'aluminium peut provoquer l'apparition de substances nocives dans les aliments, et en quelles quantités ? La nourriture mélangée ou emballée avec des composés d'aluminium voit-elle sa qualité diminuée ou affectée dangereusement ? Les réponses aux trois questions, données dans un rapport³¹⁰ qui est remis au département de l'Agriculture, plaident en faveur de l'aluminium, mais avec une prudence discutable, en ce qu'elle ne concerne que les composés entrant dans la composition des levures chimiques, et à des doses « normales », que les travaux cherchent à évaluer.

Selon ce rapport, la surconsommation de levure contenant du sulfate d'aluminium et de sodium, un réducteur d'acidité, supérieure à 200 mg/jour, ne provoque que de légères catharsis. Au-delà, les catharsis sont plus marquées mais elles sont attribuées à la présence du sulfate de sodium. L'ingestion de sulfate d'aluminium en très grandes quantités ne provoque que des coliques occasionnelles. Les cinq scientifiques parviennent à la conclusion que la qualité des aliments mélangés ou emballés avec de l'aluminium est intacte. Les expériences ont été menées dans chaque institution pendant plusieurs semaines, entre janvier et juin 1912 par exemple pour R. H. Chittenden à Yale, et directement sur des cobayes humains. Le

³¹⁰ *Report of the Referee Board of Consulting Scientific Experts on Influence of Aluminum Compounds on the Nutrition and Health of Man*, U. S. Department of Agriculture, Washington D. C., 1914, unpublished.

rapport n'est pas publié, en revanche un article en a rendu compte dans le *Bulletin*³¹¹ du Department of Agriculture en 1914.

Un aiguillon pour des recherches contradictoires à l'université de Columbia

Ce document est le premier d'une longue série. Les travaux de recherche sont menés dans deux directions : en étudiant l'ingestion de biscuits ou autre nourriture contenant de la levure chimique et par l'injection de solutions de sels d'aluminium par voie sous-cutanée ou intraveineuse. L'université de Columbia, sous la direction du Pr William J. Gies, biochimiste et dentiste, est l'un des centres les plus actifs dans ce domaine. En 1911, W. J. Gies publie un article très important dans le *Journal of the American Medical Association* dans lequel il évoque ses doutes sur l'utilisation de l'alun dans la levure chimique³¹². De même, la thèse³¹³ d'Arnold K. Balls, soutenue à l'université de Columbia, en 1917, dans le laboratoire de Gies, est consacrée à la présence de l'aluminium dans l'alimentation et à son absorption par les chiens. Balls y considère que les premiers travaux significatifs sur cette question sont ceux du chimiste français Fernand Papillon³¹⁴, en 1870. Son travail prend place parmi une série d'autres recherches sur les mécanismes d'absorption et d'élimination de l'aluminium, sous différentes formes (chlorure d'aluminium ou sulfate d'aluminium par exemple), une fois ingéré par les chiens ou les rats. Parmi les conclusions de Balls, figure l'hypothèse que chez les chiens normaux, l'aluminium peut exister, mais en quantités trop faibles pour pouvoir être décelées par les meilleures méthodes disponibles. Balls insiste particulièrement sur les difficultés à trouver des méthodes satisfaisantes. Son hypothèse est que l'aluminium absorbé par les chiens sous forme de phosphate ou dans le pain cuit au four avec de la levure chimique à l'alun est rapidement éliminé, mais qu'une petite partie est conservée qui se substitue au fer habituellement présent dans les tissus.

Outre les travaux menés par ses étudiants, W. J. Gies sollicite des collaborations, comme celle de Louis Pine, chimiste pathologiste au City Hospital, avec lequel il mène une expérience de

³¹¹ « Alum in Foods », *Bulletin*, U. S. Department of Agriculture, 103, 1914.

³¹² William J. Gies, « Some objections to the use of alum baking powder », *Journal of the American Medical Association*, 91, tome LVII (10), 1911, p. 816-821.

³¹³ Arnold K. Balls, *The Occurrence Of Aluminium, And Its Absorption From Food, In Dogs*, Peekskill, New York, Highland Democrat Print, 1920.

³¹⁴ La référence renvoie aux *Comptes rendus des séances hebdomadaires de l'Académie des sciences*, et mentionne la note suivante : « Recherches expérimentales sur les modifications de la composition immédiates des os », *Académie des sciences*, séance du 16 août 1870, tome 71, p. 372-374. Une présentation beaucoup plus complète de cette étude avait été publiée dans le *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, 1870-1871, publié par Charles Robin, professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris. Fernand Papillon, « Recherches expérimentales sur les modifications de la composition immédiates des os », *Journal de l'anatomie et de la physiologie...*, 1870-1871, p. 152-163. L'auteur y dresse également un panorama historique des recherches dans ce domaine.

deux mois en 1916 sur des malades, ou encore la même année avec Samuel Gitlow, chef du département de chimie physiologique au Lebanon Hospital. W. J. Gies publie en 1916 avec deux co-auteurs, Hattie L. Left et Maxwell Karshandes, les résultats d'expériences qui font grand bruit : « Sanitary Studies of Baking Powders. Food made with alum baking powder is unwholesome », en réponse au rapport du Remsen Board publié par le ministère de l'Agriculture en 1914. En particulier, les auteurs suggèrent de comparer la qualité des aliments préparés avec de la levure chimique avec ceux utilisant de la levure organique (dite levure de boulanger, un champignon unicellulaire, le plus courant étant le *Saccharomyces*), et d'en juger les apports et effets sur les animaux. L'expérience est menée sur des rats albinos pendant cinq mois, avec ingestion de quatre sortes de biscuits fabriqués avec de la levure de boulanger, de la levure chimique à base de phosphate, de tartrate ou d'alun (et non du sulfate d'aluminium et de sodium). Les résultats montrent, outre des différences de croissance, des signes de toxicité chez le groupe des rats nourris aux biscuits à levure d'alun. W. J. Gies et son équipe contestent donc fermement l'usage des composés d'aluminium dans l'alimentation et remettent en cause les travaux du comité d'experts de Roosevelt.

3.2. La réponse des producteurs de levure chimique

Ernest Ellsworth Smith, ardent défenseur de l'aluminium

En 1928, un tournant se produit avec la publication de l'ouvrage du docteur Ernest Ellsworth Smith³¹⁵, *fellow* et ancien président de la New York Academy of Sciences : *Aluminum Compounds in Food*. Ce volumineux ouvrage vise à présenter une synthèse des travaux réalisés depuis le XIX^e siècle, tant en Europe qu'aux États-Unis, et analyse les travaux récents. E. E. Smith y affirme travailler sur ce sujet depuis trente ans, après avoir été sollicité par les industriels de la levure³¹⁶. Il centre son propos sur les problématiques américaines, avec en particulier les additifs à base de composés d'aluminium ajoutés dans la levure chimique, dans les *pickles* et les *maraschino cherries* afin de préserver leur fermeté. Il fait remonter la substitution de l'alun (sulfate double d'aluminium et de potassium) par le sulfate d'aluminium et de sodium aux années 1870 aux États-Unis, après que l'ajout d'alun dans la farine ait été

³¹⁵ Ernest Ellsworth Smith était diplômé en médecine du Medical College de l'Hôpital de Bellevue, à New York City, en 1898. Il avait été élu membre de l'Académie de médecine de New York en 1902. Il était aussi un membre de l'American Medical Association, membre de la Pathological Society et consultant en pathologie aux hôpitaux Somerset et Jamaica. Il est décédé le 5 décembre 1930. *Bulletin de la New York Academy of Medicine*, 6 (12), 1930, p. 843.

³¹⁶ Ernest Ellsworth Smith, *Aluminum Compounds in Food*, New York, Paul B. Hoeber Inc, 1928.

interdit. En particulier, l'industrie de la levure chimique, en plein essor, cherchait un moyen d'améliorer les procédés à base de bicarbonate de soude et de *cream of tartar*, du bitartrate de potassium aux pouvoirs stabilisants en particulier utilisé pour les œufs en neige.

Smith fait débiter les travaux américains sur la question de l'aluminium comme additif alimentaire à 1879³¹⁷. Il mentionne un tournant dans les années 1898-1902, lorsque l'American Baking Powder Association a financé des études à ce sujet. Celles-ci ont été confiées à E. E. Smith lui-même, avec la collaboration d'Austin Flint, professeur de physiologie à Bellevue Hospital Medical College et à Cornell University Medical College et Peter T. Austen, professeur de chimie à Rutgers College. Les expériences sont d'abord menées pendant plusieurs mois sur des rats et des cochons, puis elles sont appliquées à l'homme entre octobre 1900 et mars 1901. Les deux cobayes retenus ont dû ingérer chaque matin un pain fabriqué avec 60 g de levure Parrot and Monkey. Le régime a varié ensuite en quantité de pain ingérée, et chaque repas était suivi de prélèvements pour analyse. Les expériences sur les animaux n'ont révélé aucun changement ou altération de leur état. Sur les hommes, il est noté une augmentation du taux d'acidité de l'estomac au bout de cinq mois, sans toutefois pouvoir prouver le lien causal avec l'ingestion d'aluminium, d'autres facteurs ayant pu intervenir. Au total, l'état de santé des deux hommes est resté très satisfaisant, et l'aluminium ingéré aurait été évacué par les selles. Chez les cochons, aucune trace d'aluminium n'a été trouvée dans les organes. Les scientifiques ont donc conclu que la consommation de pain fabriqué avec de la levure contenant des composés d'aluminium ne posait aucun problème de santé pour l'homme³¹⁸. Une seconde expérience³¹⁹ est menée pendant plusieurs semaines en 1902, avec deux hommes, une femme et un enfant de 12 ans et a conclu aux mêmes résultats.

En réalité, E. E. Smith visait dans son ouvrage les travaux de W. J. Gies, oubliant au passage de mentionner que ce dernier travaillait sur les sels d'aluminium depuis plus de 20 ans. A l'issue de la publication de W. J. Gies en 1914, E. E. Smith s'était lancé dans une série d'expérimentations reprenant les travaux de W. J. Gies, afin de produire un rapport contradictoire. L'enjeu n'est pas que scientifique : l'ouvrage de Smith insiste beaucoup sur l'usage fait par la justice de ces rapports de recherche. À son corps défendant, il montre alors

³¹⁷ G. E. Patrick, professeur de chimie à l'université du Kansas, aurait conduit les premières études sur la levure chimique. E. E. Smith, *op. cit.* p. 44.

³¹⁸ E. E. Smith, « Effects on digestion of food prepared by the use of an alum baking powder », *New York Medical Journal*, lxxxii, 1900, p. 719.

³¹⁹ A Cressy Morrison, *The Baking Powder Controversy*, New York, American Baking Powder Association, 1904-1907.

que tout doute instillé dans l'esprit du juge, en particulier l'argument de l'insuffisance du nombre de travaux par exemple, est positif pour l'industriel accusé d'empoisonnement par la levure chimique et le dédouane de toute accusation³²⁰. Tout un chapitre de son ouvrage est d'ailleurs consacré aux procès intentés contre des fabricants de levure à base de sulfate d'aluminium et de sodium à partir de 1879, et il y détaille les expertises avancées à chaque procès. Si l'origine des procès intentés n'est pas mentionnée avec précision, E. E. Smith prend néanmoins la peine de souligner que beaucoup d'entre eux ont été initiés par des concurrents « jaloux », restés à un mode de production ancien et plus cher. Parmi les arguments décisifs pour les juges, la question de la fiabilité des résultats est évidemment cruciale. E. E. Smith développe longuement les méthodes d'analyse et de mesure de l'aluminium dans les tissus, les organes ou les selles. Sans entrer dans le détail de leur mise en œuvre, très technique, nous retiendrons cependant que cette question est effectivement fondamentale et que les médecins physiologistes ou chimistes ont conscience de la nécessité de progresser dans cette voie. Il s'agit notamment de veiller à ne pas introduire de substances étrangères par les appareils scientifiques et par les réactifs utilisés. E.E. Smith compare en particulier la méthode utilisée par l'Association of Official Agricultural Chemists et celle de Schmidt et Hoagland, déjà discutée et modifiée par Balls.

Enfin, l'ouvrage de E. E. Smith se termine par un chapitre de « Discussion », qui est un long plaidoyer en faveur de l'usage des composés d'aluminium dans les levures chimiques, et, plus largement, de l'usage des additifs à base d'aluminium dans l'alimentation. L'intérêt de ce chapitre est d'offrir une synthèse des reproches ou accusations adressées à ces composés, que E. E. Smith regroupe en six thèmes. Nous respectons, dans la traduction de ces six thèmes, l'usage tantôt de la formule « aluminum compounds » tantôt de « aluminum ».

« 1/ L'aluminium peut se combiner avec des nutriments essentiels et priver l'organisme de cet apport. 2/ Les composés d'aluminium peuvent provoquer des irritations dans l'appareil gastro-intestinal et altérer la digestion. 3/ L'aluminium est absorbé par la lymphe et le sang et s'accumule dans certains tissus cellulaires, en particulier dans le foie, la thyroïde et les glandes surrénales. 4/ L'aluminium est un poison protoplasmique. 5/ L'aluminium absorbé a un effet délétère sur les corpuscules sanguins, et provoque des lésions, notamment aux tissus rénaux et nerveux, avec une tendance à produire de l'anémie et à diminuer la résistance aux

³²⁰ Voir en particulier le paragraphe « Expert opinion ». E. E. Smith, *Aluminium Compounds in Food*, op. cit., p. 287 et suivantes.

infections et aux maladies. 6/ Il retarde la croissance et diminue la fécondité et la fertilité. »³²¹

Nous ne discuterons pas ici le contenu de ces affirmations, mais il est intéressant de souligner la complexification croissante apparue depuis les premiers travaux, et les hypothèses qui se dégagent. En particulier, la question du rôle de l'aluminium dans le métabolisme sous-tend tous les travaux, d'autant plus qu'à cette date il n'existe pas d'appareil de mesure performant pour quantifier l'aluminium dans le corps. Après avoir discuté pied à pied chacune des six affirmations, E. E. Smith conclut son ouvrage par un sous-chapitre sans ambiguïté : « Summation of evidence that aluminum is not injurious³²² » qu'il organise en cinq points. Notons au passage que E. E. Smith prend toujours soin de se référer à la S.A.S. baking powder³²³ et à nulle autre composition de levure chimique³²⁴. Le premier des arguments est ancien, et largement utilisé par les promoteurs du métal – l'aluminium est un ingrédient qui existe à l'état naturel dans les aliments – que Smith complète par le fait que les biscuits contenant de la S.A.S baking powder comportent des quantités bien moins importantes d'aluminium que certains aliments naturels. Le second argument est que l'aluminium est un élément essentiel de la matière vivante, nécessaire au cycle de vie des plantes selon E. E. Smith, mais aussi pour les animaux au regard de certains travaux. Présent naturellement dans le corps humain, il a, selon cet auteur, une fonction biogénique véritable et essentielle. E. E. Smith s'appuie pour cela sur les travaux d'un chercheur à propos de la formation des pigments dans les ailes des coléoptères, un argument jamais utilisé jusque là par les promoteurs de l'aluminium³²⁵. Troisièmement, l'aluminium s'élimine de lui-même mieux que ne le fait le fer. Smith compare les mécanismes de combinaison du fer avec les protéines, permettant d'éviter naturellement les effets nocifs du fer, et affirme que l'aluminium fait de même. Les besoins en fer de l'organisme étant plus importants, il est assimilé en plus grandes quantités dans l'organisme ; à l'inverse, l'aluminium est, lui, éliminé rapidement. Smith termine par une allusion au plomb, dont il affirme que les mécanismes sont identiques à ceux du fer : il peut s'agir là d'une façon habile de relativiser les effets de l'aluminium. En quatrième point, E. E. Smith assure que des recherches scientifiques prolongées ont prouvé l'innocuité des S.A.S. baking powders. Il fait clairement référence à ses propres travaux,

³²¹ *Ibid.*

³²² *Ibid.*, p. 243 : « Addition des preuves que l'aluminium n'est pas nuisible ».

³²³ Il s'agit du « sodium aluminum sulphate », la levure chimique à base de sulfate d'aluminium et de sodium, en opposition à l'« alum », un double sulfate d'aluminium et de potassium.

³²⁴ Vickie Vaclavik and Elizabeth W. Christian, *Essentials of Food Science*, 4th edition, New York, Springer, 2013, ici p. 308-313.

³²⁵ Les travaux actuels montrent qu'aucun organisme vivant n'utilise l'aluminium.

démarrés en 1898, confortés par le Remsen Board en 1908 dont il souligne lourdement la qualité et les conclusions. Reste que ces travaux ont déjà presque 20 ans, ce qui en soi devrait conduire l'auteur à les relativiser. Enfin, E. E. Smith termine par un double argument qui ne relève plus de la science : les conclusions du procès Whitney Layton, en faveur de l'utilisation des S.A.S. baking powders et la consommation journalière de cette levure depuis un demi-siècle, sans que des cas d'intoxication aient été relevés. Là encore, l'auteur fait fi des pathologies à long terme pourtant connues à l'époque.

Entre 1914 et 1928, d'autres scientifiques ont repris les travaux de W. J. Gies et tenté d'en affiner, confirmer, infirmer les résultats et hypothèses, sans donner lieu toutefois à des publications dans l'esprit de l'ouvrage de E. E. Smith.

H. W. Wiley, grand pourfendeur de l'aluminium

Cette controverse scientifique aux enjeux judiciaires a fait l'objet d'une analyse extrêmement intéressante parue dans *Science* en août 1928³²⁶. L'auteur s'y attache à étudier non pas les résultats scientifiques des ouvrages qu'il a reçus récemment, mais leur forme et la nature des arguments utilisés. Il explique en préambule que cette polémique sur la levure chimique est exceptionnelle par sa longévité : 40 ans, et le nombre de scientifiques concernés – environ 200, dont certains sont des personnalités de grande valeur. Il rappelle non sans ironie que l'origine du débat est le procès intenté par les fabricants de levure à l'alun contre un fabricant de levure au tartrate, lequel mentionne sur ses produits « sans alun ». La Federal Trade Commission a rejeté la plainte en mars 1926. Un appel de cette décision a été déposé devant la cour suprême du district de Columbia dont les résultats ne sont pas encore connus. Il s'agit, selon l'auteur, de la controverse judiciaire la plus notable parmi celles déroulées dans les tribunaux, en relation directe ou indirecte avec l'application de la loi instaurant la Federal Trade Commission. La suite de l'article est plus étonnante, car elle repose sur l'analyse de cinq ouvrages³²⁷ reçus par l'auteur en peu de temps, dont l'ouvrage de E. E. Smith, et qui, selon lui, forment « un groupe d'ouvrage unique à plusieurs égards ». L'auteur affirme avoir

³²⁶ Harvey W. Wiley, « The baking powder controversy », *Science*, vol. LXVIII, n° 1755, 17 août 1928, p. 159-162.

³²⁷ Dans l'ordre de l'auteur de l'article, il s'agissait des ouvrages suivants : Ralph Wado Webster et William Augustine Brennan, *Potassium and Tartares, A Review of the Literature on Their Physiological Effects*, Chicago, The Commonwealth Press, 1927, 168 p. ; Ernest Ellsworth Smith, *Aluminum Compounds in Food*, *op. cit.*, 1928, 378 p. ; Juanita E. Darrah, *Modern Baking Powder*, Research Department of Calumet Baking Powder Company, Chicago, The Commonwealth Press Inc., 1927, 125 p. *The Truth about Baking Powder*, sworn scientific testimony and government exhibits from records in Docket N° 540, Federal Trade Commission, Washington D.C., compiled and distributed by Calmet Baking Powder Company, 172 p. ; William D. Richardson, *The Current Significance of the Word "Alum"*, Chicago, The Commonwealth Press Inc., 93 p.

lu le premier sans la moindre suspicion quant au but visé par sa publication, c'est-à-dire l'intérêt scientifique objectif... mais son jugement a évolué au fur et à mesure des autres lectures. Effectivement, les quatre ouvrages suivants, bien que signés par des scientifiques ou relatant le témoignage sous serment de scientifiques dans le cadre d'un procès, ont été publiés ou sollicités par les fabricants de levure ; les arguments avancés y sont pour certains peu scientifiques, voire contradictoires. Le livre de E. E. Smith y est l'objet d'un réquisitoire sans concessions :

« Le volume du Dr Smith est une contribution précieuse à la mise en place, sur une base scientifique supposée, des avantages censés être procurés par la généralisation de l'utilisation de l'alun dans nos aliments. La puissante influence du Remsen board, composé d'experts scientifiques, est citée comme l'une des principales raisons pour lesquelles l'utilisation de l'alun dans nos aliments, tant sous forme d'alun que sous la forme de levure d'alun, devrait être plus généralement étendue. L'argument est fait habilement et de manière plus ou moins convaincante, en particulier pour ceux qui ne sont pas enclins à enquêter sur les problèmes eux-mêmes. [...] Alors que les forces pro-alun n'auraient pas pu être mobilisées de manière plus magistrale, l'impression générale est que les faits ne sont pas convaincants, que le bien-fondé de la conclusion n'est que superficiel et que le véritable physiologiste, mû par un sentiment d'intérêt pour le bien-être de l'humanité, ne deviendra pas un adepte de l'utilisation de l'alun sous n'importe quelle forme ou façon que ce soit dans l'alimentation humaine³²⁸ »

Les trois autres ouvrages reçoivent également leur part de critiques. L'auteur dénonce l'instrumentalisation des travaux scientifiques au profit des intérêts économiques des industriels, et le doute possible induit chez le lecteur sur la nature de ces publications, dans la mesure où leur origine n'est pas explicite :

« Ils relèvent tous d'une propagande pour populariser davantage l'utilisation de l'alun dans nos aliments. Il n'y a pas d'objection valable à une telle propagande quand elle est clairement étiquetée. Le vice dans ce cas particulier est d'essayer de dissimuler cette objectif. ³²⁹»

Sa conclusion est double. D'une part il défend le rôle du Bureau of Chemistry, chargé d'appliquer le *National Food and Drugs Act*, dont les agents son avant tout attentifs à

³²⁸ Harvey W. Wiley, « The baking powder controversy », *op. cit.*, p. 161. Traduction de l'auteure.

³²⁹ *Ibid.*, p. 162.

protéger leurs citoyens contre tout risque alimentaire. D'autre part il fait état de sa propre conviction sur le sujet, contre l'usage de l'alun : « S'il y a le moindre doute sur l'innocuité de l'alun, nous devrions prendre la décision de l'interdire dans nos produits alimentaires.³³⁰ »

Qui est l'auteur de cet article, dont seul le nom figure au bas de l'article, sans que soient mentionnées ses qualités ? H. W. Wiley a été chef de la Division of Chemistry, de l'USDA, en 1883, devenu Bureau of Chemistry, en 1898, jusqu'à sa retraite en 1912. Il est considéré comme l'un des pionniers de la chimie et de la toxicologie alimentaires ainsi que de la sécurité alimentaire³³¹ aux États-Unis. Formé aux États-Unis puis en Allemagne, il a été particulièrement actif pendant la préparation du *Pure Food and Drugs Act* en 1906. Il a, en 1889, dirigé la publication des recherches sur les levures chimiques menées sous ses ordres au sein de la Division of Chemistry, et a déjà, à cette époque, déconseillé l'usage de l'alun³³². Son désaccord avec le Remsen board est palpable tout au long de l'article de *Science*, et il ne se prive d'en remettre en cause les conclusions, parlant même d'une « immunité » à l'égard de l'alun, instaurée depuis 20 ans et qu'il conviendrait d'abroger. Wiley est un personnage emblématique de la campagne pour les aliments purs, intraitable sur la question des additifs alimentaires, et qui ne croit que dans les expériences qu'il a lui-même conduites. Son autorité et son charisme, très forts, ont cependant été mis à mal lors d'une entrevue avec le président Roosevelt, en 1909, alors qu'il a critiqué très vivement l'usage de la saccharine dans les boîtes de maïs. Roosevelt, à qui son médecin en prescrivait en raison de son surpoids, prit très mal la remarque. Cet excès de confiance chez Wiley, doublé de ce que Roosevelt a analysé comme des erreurs de jugement, ont conduit le président américain à créer un comité d'expert présidé par Ira Remsen. Le Comité Remsen, à plusieurs reprises, a pris le contrepied des avis de Wiley³³³. Le cas de l'aluminium en était un parmi d'autres.

Cette analyse un peu longue du cas des levures chimiques américaines permet de comprendre les mécanismes de construction et déconstruction des polémiques scientifiques et industrielles, et les forces en présence. Elle met en évidence l'action rapide et efficace des industriels, réunis au sein de leur syndicat, qui ont initialement recours à un scientifique indépendant, issu de la recherche publique, et dont ils financent les travaux. La lecture de l'ouvrage de synthèse rédigé par ce scientifique, dont la légitimité semble incontestable, après 30 ans de travaux,

³³⁰ *Idem.*

³³¹ Dale A. Stirling, « Profiles in Toxicology. Harvey W. Wiley », *Toxicological Sciences*, Volume 67, Issue 2, 2002, p. 157-158. Philip J. Hilts, *Protecting America's Health. The FDA, Business, And One Hundred Years Of Regulation*, New York, Alfred A. Knopf, 2003, p. 11 et suivantes.

³³² Dr H. W. Wiley, « Foods and food adulterants », *Bulletin*, U.S. Department of Agriculture, n°13, 1889, p. 557-627.

³³³ James Harvey Young, « Food and Drug Regulation under the USDA, 1906-1940 », *Agricultural History*, Vol. 64, n° 2, The United States Department of Agriculture in Historical Perspective, Spring, 1990, p. 134-142.

montre que l'exercice est difficile : si le travail est rigoureux par son ampleur, il soulève néanmoins des problèmes de fond, propres à remettre en question le rôle de l'expert. En effet, E. E. Smith, en cherchant les failles dans les travaux de ses collègues, argumente sur des terrains qui ne sont plus seulement ceux de la recherche scientifique et entre dans celui de la justice. Cette stratégie des industriels américains a déjà été soulignée dans l'histoire du tabac³³⁴. L'article de H. W. Wiley, en réponse à l'abondance de publications financées par les industriels, est aussi significatif car le scientifique, à la réputation solide, n'est plus tenu à la réserve par ses fonctions. Il bénéficie d'une liberté de parole qui lui permet de prendre une position militante, tournée contre l'industrie agroalimentaire et ses méfaits.

La même année, on trouve à l'inverse des ouvrages scientifiques aux positions contradictoires, qui rejoignent les travaux de W. J. Gies à Columbia, comme le traité de toxicologie de Frank P. Underhill, professeur de pharmacologie et toxicologie à l'université de Yale, dont la seconde édition de 1928 affirme très clairement à la fois les usages thérapeutiques des sels d'aluminium et leur toxicité : « Aluminium salts are toxic to plants, animals and man exerting an irritant influence upon protoplasm. Aluminium in the form of alum has caused violent irritant symptoms sometimes ending in death³³⁵. » Yale était la seconde université américaine à mener des travaux aux conclusions critiques, comme la thèse de Florence Irene Peterman sur les *Studies in the Metabolism of Aluminium*, dirigée par F. P. Underhill. Tous deux affirmaient avoir identifié, depuis 1843, une douzaine de cas d'empoisonnements mortels par absorption de sels d'aluminium, le plus souvent de l'alun.

3.3. La controverse gagne l'espace public

Enfin, cette bataille autour de la levure chimique à l'alun s'est doublée d'une polémique lancée par un mouvement associatif qui a pris de l'essor à partir en 1928. Un opuscule³³⁶ financé par le Anti-cancer Club of America et signé de Charles T. Betts, *Aluminium Poisoning*, a eu un succès important, et il est cité à maintes reprises dans les articles scientifiques et de vulgarisation par la suite. Un second opuscule est édité en 1932, du même auteur et au titre tout aussi évocateur : *Dare We Use Aluminium Cooking Utensils?*³³⁷ Cette initiative relevait du « natural science mouvement », un mouvement qui s'élevait contre la médecine officielle. Ses partisans dénonçaient la « médication compulsive » qui imposait la

³³⁴ Robert N. Proctor, *Golden Holocaust, La conspiration des industriels du tabac*, Paris, Équateurs, 2014.

³³⁵ Frank Pell Underhill, *Toxicology or the effect of poisons*, Philadelphie, P. Blakiston's Sons & Co, 2d edition, 1928, p. 127.

³³⁶ Charles T. Betts, *Aluminium Poisoning*, Toledo, Research Publishing Company, 1928.

³³⁷ Charles T. Betts, *Dare We Use Aluminium Cooking Utensils?* Toledo, Research Publishing Company, 1928.

vaccination, la pasteurisation ou la fluorisation de l'eau – une pratique déjà courante aux États-Unis³³⁸. Charles T. Betts était un dentiste non-diplômé exerçant à Toledo, dans l'Ohio, et il est le meneur, à partir de la fin des années 1920, d'une véritable croisade contre l'aluminium qui a duré près d'un-demi siècle³³⁹. L'auto-édition d'ouvrages pamphlétaires est son moyen d'expression privilégié, et l'on trouve encore des rééditions de ses ouvrages à la fin des années 1980³⁴⁰. Ceux-ci recourent à un type d'argumentation simple et systématique : le témoignage de personnes présentées comme des victimes de l'aluminium, mais qu'aucun médecin compétent en toxicologie n'a examinées. En 1928, C. T. Betts trouve un nouveau média où diffuser ses idées, la revue *Golden Age*, publiée par les témoins de Jehova, qui se chargent de la distribuer par le porte à porte. Plus de 130 articles contre l'aluminium sont publiés dans cette revue entre 1925 et 1969³⁴¹. Leurs auteurs n'ont aucune compétence médicale, et tous ont en commun de faire de l'aluminium l'unique source des problèmes de santé rencontrés. L'aluminium y est dénoncé sous toutes ses formes : les batteries et autres ustensiles de cuisine sont voués aux gémonies et les malades ne trouvent de soulagement que par le sacrifice et la mise à la poubelle ; sous forme de sels, C. T. Betts dénonce par exemple sa présence dans les systèmes de purification des eaux. L'aluminium est soupçonné de provoquer de nombreux maux, depuis les ulcères à l'estomac et l'anémie jusqu'à l'accusation plus grave d'être cancérigène, sans aucun argument scientifique pour étayer le propos. Les affirmations de C. T. Betts sont démenties par des scientifiques, dont Albert A. Hopkins et Morris Fishbein³⁴². La revue *American Scientific*, qui a publié certains de ces articles, est alors la cible des attaques des anti-aluminium. Ceux-ci ont lancé en particulier contre les auteurs des soupçons de conflits d'intérêts vis-à-vis des industriels de l'aluminium, et ont poursuivi leurs publications à grands renforts de témoignages et d'affirmations erronées. La plupart des activistes mobilisés contre la médecine conventionnelle relèvent à cette époque du charlatanisme, et tentent à travers des discours de défiance contre les matériaux de vendre leur propre marchandise. D'autres sont notoirement et maladivement hostiles à l'establishment médical, d'autant plus facilement que les domaines de la pharmacologie et de la médecine

³³⁸ Allen R. Freeze et Jay H. Lehr, *The Fluoride Wars: How a Modest Public Health Measure Became America's Longest Running Political Melodrama*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., 2009. Betts y est présenté comme le gourou nord-américain de la croisade anti-aluminium.

³³⁹ Jerry Bergman, « Toledo Dentist Charles Betts and the Health Crusade Against Aluminum », *OhioHistory*, vol. 118, p. 91-111. L'auteur remercie vivement le professeur Patrick Martin, de la Michigan Technological University, de son entremise pour obtenir une copie de l'article.

³⁴⁰ Harold W. Keens, *Death in the Pot*, Pomeroy, Health Research Book, 1937 et 2009, cité par J. Bergman, « Toledo Dentist Charles Betts... », *op. cit.*, p. 92.

³⁴¹ Jerry Bergman, « Toledo Dentist... », *op. cit.*, p. 95.

³⁴² Jerry Bergman présente les travaux de Albert A. Hopkins et Morris Fishbein comme les prémices de la recherche sur l'aluminium. Cette analyse n'est pas juste, de même que la corrélation faite par l'auteur entre la création du Mellon Institute, sur laquelle nous reviendrons, et la campagne de C. B. Betts.

sont en pleine mutation, et que les succès médicaux restent à conforter et à poursuivre. Cette croisade qui relève d'une vaste imposture prend fin au début des années 1950, et cesse complètement avec la mort de Betts en 1959 et la publication d'un article favorable à l'aluminium par l'un des plus farouches détracteurs de l'aluminium : la Watchtower Society, propriété des témoins de Jéhovah, en charge de l'administration et du développement de ses doctrines³⁴³.

La polémique sur l'aluminium est donc entrée dans l'espace public américain, mais sur la base d'accusations infondées propres à séduire les plus incrédules avec des arguments relevant de la théorie du complot et du témoignage de pseudo-victimes.

3.4. Les réactions des producteurs de métal

Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, la Pittsburgh Reduction Company³⁴⁴ (PRC) est en situation de monopole pour la production d'aluminium aux États-Unis. La production a démarré en 1888, et les vingt années qui suivent voient les efforts de recherche essentiellement mis dans le fonctionnement des cuves d'électrolyse et le développement de la production. Malgré cela, la qualité du métal produit est bien inférieure à celle des Européens. Au tournant du siècle, la fabrication d'ustensiles de cuisine absorbe 30 % de la production de PRC. Cependant la qualité en est médiocre et constitue une telle contre-publicité que PRC doit déployer énormément d'efforts pour former les fabricants et décide, finalement, en 1895, de se lancer elle-même dans cette filière, en créant la marque Wearever³⁴⁵.

En parallèle à la production de métal primaire, PRC, comme les autres producteurs de ce nouveau métal, a à contribuer au développement de la connaissance métallurgique de l'aluminium, et à sa diffusion la plus large possible. En plus de ses ingénieurs, PRC a recours à des collaborations avec des universités et des collèges : Columbia College School of Mines, Cornell University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), et Lehigh University. Dans cette dernière en particulier, se trouve l'un des pionniers américains de la métallurgie de l'aluminium, J. W. Richards. Après sa thèse sur l'aluminium, antérieure à la découverte de Hall/Héroult, J. W. Richards devient l'un des interlocuteurs privilégiés d'Alcoa, et sans doute l'un des plus ardents défenseurs des usages de l'aluminium. Il collabore avec C. M. Hall en

³⁴³ Jerry Bergman, « Toledo Dentist... », *op. cit.*, p. 109 et suivantes.

³⁴⁴ La PRC prit par la suite le nom d'Alcoa, Aluminum Company of America.

³⁴⁵ George D., Smith, *From Monopoly to Competition*, *op. cit.*, Margaret B.W. Graham and Bettye H. Pruitt, *R & D for Industry...*, *op. cit.*

1891 afin de mettre au point le premier programme de recherche fondamentale au sein de l'entreprise³⁴⁶.

L'ouvrage précédemment cité de E. E. Smith, défensif, était un aveu de la montée des suspicions et de leur développement sous forme de polémique dans l'espace public, relayée par *Science*. Les titres des ouvrages et articles ont entretenu une ambiguïté réelle sur l'aluminium, puisqu'ils visaient à la fois les formes métallique et non métallique. Les ouvrages d'histoire sur Alcoa abordent peu cette question, préférant mettre en lumière les processus d'innovation majeurs dans cette période, comme dans les transports. Tout au plus sait-on que la compagnie finança les travaux de Richards.

Le Mellon Institute of Industrial Research

Pourtant, en décembre 1926, Alcoa a décidé de financer un poste d'enseignant-chercheur en ustensiles de cuisine – *Utensil Fellowship* – au Mellon Institute of Industrial Research. Le premier titulaire est un ancien pharmacologue du Bureau of Chemistry du Département de l'Agriculture américain, Erich W. Schwartz. Le suivant est un chimiste physiologiste précédemment chercheur à l'université de l'Illinois, Gerald J. Cox. La chaire est destinée à mener un programme de recherche en six thèmes : 1. Une recherche critique de la littérature scientifique relative à la chimie et la pharmacologie de l'aluminium. 2. Une étude des méthodes quantitatives pour déterminer les quantités infimes d'aluminium dans les tissus, avec des développements possibles pour en améliorer la justesse et la sensibilité. 3. Une enquête sur les propriétés cumulatives de l'aluminium. 4. Une enquête sur les effets de l'aluminium dans l'alimentation, sur le phosphore dans le sang et sur la calcification osseuse. 5. Une enquête sur les conséquences de la cuisson dans l'aluminium sur les vitamines contenues dans l'alimentation. 6. La détermination des quantités d'aluminium absorbées par les aliments préparés dans des ustensiles en aluminium, et leur comparaison avec celles déjà contenues dans les aliments crus. Le travail des chercheurs a donné lieu à la publication par le *Mellon Institut of Industrial Research*, en 1933, d'un recueil bibliographique conséquent de 69 pages, censé dresser une liste exhaustive des publications ayant trait à l'aluminium, dans les revues de médecine et de chimie³⁴⁷. Le travail est mené à partir de quatre bibliothèques universitaires³⁴⁸ et a reçu l'aide de deux scientifiques : l'un est au département de médecine et pharmacie de l'université du Michigan, le second est un chercheur en poste à la *Calumet*

³⁴⁶ Margaret B.W. Graham and Bettye H. Pruitt, *R & D for Industry...*, *op. cit.*, p. 58.

³⁴⁷ Mellon Institut, *A select, annotated bibliography on the hygienic aspects of aluminum and aluminum utensils*, 1933.

³⁴⁸ Mellon Institut, Carnegie Library of Pittsburgh, Pittsburgh Academy of Medicine et University of Michigan.

Baking Powder Company, et titulaire d'un doctorat. Le tout a été soumis pour relecture de la *John Crerar Library*, l'une des bibliothèques les plus réputées des États-Unis, et à la *British Aluminium Company*, l'entreprise anglaise de production d'aluminium. Tout en soulignant la mise à jour nécessaire et rapide de cette liste, l'auteur de la préface de l'ouvrage, directeur du Mellon Institut, espérait que cela complèterait utilement les travaux précédents sur le sujet, en particulier le « précieux traité » d'E. E. Smith de 1928. L'ouvrage a donc été réalisé avec une chaîne d'experts issus des milieux académiques et industriels. Il présente la particularité d'offrir un résumé des articles et ouvrages mentionnés, sorte d'inventaire raisonné des publications sur l'aluminium. La liste des 90 revues dépouillées est intéressante à plusieurs égards ; la répartition entre les 10 pays mentionnés montre une surreprésentation des revues américaines (35 titres) suivies par les allemandes (23 titres), puis de la France et du Royaume-Uni ex-æquo (11 titres). L'Italie suit avec 3 revues, le Japon 2, puis un seul titre de revue est mentionné pour l'Argentine, l'Autriche, les Pays-Bas et l'URSS. La majeure partie des revues concerne le domaine médical, la chimie et l'hygiène, dont une revue allemande dédiée à l'homéopathie. Quelques titres sont également consacrés à l'agriculture, l'alimentation, la métallurgie et le matériel médical et de mesure. Si les revues académiques sont bien présentes, plus d'une dizaine de revues d'entreprises ou de syndicats industriels y figurent aussi. Pour la France, par exemple, sur les onze titres référencés, trois sont des revues financées par les industriels : la *Revue de l'aluminium*, *Le Bulletin de la Société pour l'encouragement à l'industrie nationale* (SEIN), et le *Bulletin de l'association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies*. Plus surprenant, le magazine féminin *Good Housekeeping* est mentionné.

L'ouvrage est divisé en 5 parties, précédées par une introduction dédiée aux « Aspects hygiénique de l'aluminium et des ustensiles en aluminium ». Signée par le directeur adjoint de l'institut qui est aussi le directeur exécutif en charge des recherches sur les ustensiles de cuisine en aluminium, c'est à la fois une synthèse des travaux réunis et un plaidoyer en faveur du métal. Son découpage répond à l'organisation de la bibliographie. La première phrase d'introduction positionne l'auteur contre les opposants au progrès, dont la figure classique « thus regular bathing » est visible aussi bien contre l'introduction de la vaccination que celle des chemins de fer. La première partie est consacrée à la large présence de l'aluminium dans la nature, élément le plus abondant élément de la croûte terrestre, après l'oxygène et le silicium. L'auteur souligne les difficultés à l'identifier (1828) puis à trouver son mode de production, en raison de sa très grande affinité avec l'oxygène. Omission très répandue dans le monde anglo-saxon, l'auteur fait démarrer la production du métal à la découverte de C.-M.

Hall, ignorant largement la période de production avec le procédé Sainte-Claire Deville³⁴⁹, comme il oublie de citer le procédé français de Paul Héroult. Les quantités d'aluminium dans les plantes sont détaillées et justifiées d'après les travaux des chercheurs menés depuis 1928, aux États-Unis et en France.

Le deuxième partie intitulée « The Determination of Aluminum » rend compte des difficultés de mesure inhérentes aux procédés utilisés, et de fait des divergences dans les résultats obtenus par les chercheurs. A l'analyse classique en chimie, à partir de la calcination puis de l'analyse des cendres des tissus végétaux et animaux, se substituent de nouveaux procédés. Deux méthodes ont été testées : celle à l'hydroxyde de sodium modifiée par Cox et ses collaborateurs, et celle au thiocynate-ether de Underhill et Peterman. Elles sont dépassées par le recours à la colorimétrie. Toutes convergent cependant pour dire que l'aluminium existe à l'état naturel dans les organismes végétaux et animaux.

La bibliographie associée à ces deux parties comporte 27 références, dont cinq seulement sont antérieures à la Première Guerre mondiale ; la première date de 1883 et elle est présentée comme le premier essai de quantification de l'alumine dans les animaux et les plantes par gravimétrie³⁵⁰. Là encore le choix est discutable.

La troisième partie, « Aluminum and Foods » aborde la question de la stabilité du métal dans les usages alimentaires, et s'appuie sur une bibliographie de 44 articles dont sept sont antérieurs à 1918. Les premiers essais et conclusions mentionnés sont ceux de Balland (1892), suivis de Plagge et Lebbin (1893), en spécifiant la qualité instable du métal à cette période. L'auteur insiste ensuite sur le travail de *The Lancet*, en 1913, qui amorce une série d'études dans ses propres laboratoires. La seconde vague de travaux commence en 1924, et confirme la multiplication des recherches après la Première Guerre mondiale, essentiellement autour de l'Allemagne et des États-Unis, suivis par le Royaume-Uni et la France. Les six articles français retenus sont répartis équitablement entre l'avant et l'après Première Guerre mondiale. En comparaison, parmi les dix-sept travaux allemands mentionnés, quinze ont été publiés entre 1926 et 1931. Les onze articles américains l'ont été entre 1926 et 1932. Les recherches portent sur l'analyse du comportement de l'aluminium dans les industries agroalimentaires (bière, lait, eau, viande, conserve, etc.) et dans les ustensiles de cuisine ainsi que sur les spécifications des conditions d'entretien du métal.

Produit sous la tutelle du Mellon Institut et avec le soutien de l'université, cet ouvrage a pour ambition de s'imposer comme un ouvrage de référence dans le domaine de la recherche. Or

³⁴⁹ Mellon Institute, *op. cit.*, p. 3.

³⁵⁰R. Schultze, « On animal Cellulose », *Mitt. Pharm. Inst. Erlangen* 2, 281, 1883.

les choix des références, comme le propos des préfaciers, montrent un document biaisé. Était-ce un effet implicite du financement du Mellon Institut par l'industrie ?

La question de l'aluminium dans la levure chimique aux États-Unis ne s'est pas arrêtée dans les années 1930, puisque son usage est resté autorisé ; il suscite encore des interrogations très vives dans la communauté scientifiques³⁵¹.

4. LA CONTROVERSE ANGLAISE DES ANNÉES 1930

Le Royaume-Uni n'est pas resté totalement à l'écart de la polémique américaine. En 1913, la revue médicale britannique *The Lancet* a consacré un premier article sur ce sujet³⁵² à partir des travaux de son laboratoire. L'étude porte sur l'aluminium sous forme métallique, les ustensiles de cuisine, mais fait quand même allusion aux effets nocifs des sels d'aluminium comme additifs alimentaires, et met en œuvre le métal dans des conditions d'utilisation familiales. La conclusion est très favorable au métal, en particulier en comparaison de l'acier :

« Les expériences dans l'ensemble montrent qu'il n'y a pas de charge sérieuse contre l'aluminium. Ce métal, en tout cas, ne semble pas être plus sensible à l'action de l'eau et des aliments en cours de cuisson que le fer, utilisé depuis des temps immémoriaux comme matériau de cuisson. Il est également bien connu que les sels de fer en grandes quantités sont nuisibles pour l'organisme, de même que de grandes quantités de sels d'aluminium, par exemple l'alun (le double sulfate d'aluminium et de potassium ou d'ammonium) et le chlorure d'aluminium.³⁵³ »

Les travaux menés dans le cadre de l'armée y restent des références solides, et l'article indique que « l'aluminium est universellement utilisé dans la fabrication des gourdes pour soldats » les seules contraintes résidant dans l'entretien des ustensiles. La formulation est sans ambiguïté :

« Nous sommes convaincus que l'aluminium, tel qu'il est maintenant fabriqué par des fabricants réputés, est un matériau approprié pour les récipients de cuisson et que tout soupçon selon lequel il pourrait communiquer des substances toxiques aux aliments en cours de cuisson peut être rejeté en toute sécurité, compte tenu

³⁵¹ Salim M. Saiyed, Robert A. Yokel, « Aluminium content of some foods and food products in the United States, with aluminium food additives », *Food Additives and Contaminants*, March 2005, n° 22 (3), p. 234-244.

³⁵² « Some Kitchen Experiments With Aluminium », *The Lancet*, Volume 181, Issue 4662, p. 54-55, 4 January 1913.

³⁵³ « Some Kitchen Experiments With Aluminium », 1913, *op. cit.*

des résultats des expériences que nous avons enregistrés montrant que le métal n'est pas sensiblement sollicité dans les opérations de cuisson³⁵⁴. »

Un second article rapporte les résultats du professeur John Glaister, de l'université de Glasgow, professeur de médecine médico-légale et de santé publique et de son assistant et qui corroborent les résultats du laboratoire du *Lancet*. Là encore, l'article conclut fermement : « Nous nous félicitons de cette confirmation, qui devrait écarter tout soupçon selon lequel, avec des précautions communes, l'aluminium est une source de danger en tant que matériau pour les récipients de cuisson. »³⁵⁵

4.1. *The Danger of Contamination by Aluminium*

La parution d'un ouvrage en 1931 à Londres, et intitulé « *The Danger of Contamination by Aluminium*³⁵⁶ », lance la polémique. Son auteur, Robert Montague Le Hunte Cooper, est médecin, capitaine dans le *Royal Medical Corps*³⁵⁷. Si l'on en juge par les articles parus dans le *British Medical Journal* des années 1932 et 1933, son ouvrage inaugure un large débat entre les partisans et les adversaires de l'aluminium dans les ustensiles de cuisine et l'industrie agroalimentaire.

Trois éditions de l'opuscule de Le Hunte Cooper sont publiées entre 1931 et août 1932. La troisième édition, dans laquelle il n'est pas fait mention de corrections portées dans le texte d'origine, est en revanche complétée d'une « analyse critique de l'étude de J. H. Burn pour l'Association britannique de recherche pour les métaux non-ferreux »³⁵⁸ figurant explicitement sur la couverture. Dans la Préface, en date de 1931, l'auteur explique ses difficultés rencontrées pour faire publier un texte aussi long, fruit de neuf mois de travaux, autant auprès de la *Royal Society of Medicine* que dans les revues *Lancet* ou *British Medical Journal*. Si les raisons avancées par les éditeurs sont *a priori* d'ordre technique, l'auteur mentionne cependant qu'il lui a été impossible de proposer son article au *British Medical Journal* « en

³⁵⁴ *Ibid.*

³⁵⁵ « Culinary And Chemical Experiments With Aluminium Cooking Vessels », *The Lancet*, Volume 181, Issue 4673, 22 March 1913, p. 843.

³⁵⁶ Le Hunte Cooper, *The Danger of Contamination by Aluminium*, John Bale, Sons & Danielsson, Ltd., Londres, 1931.

³⁵⁷ Robert Montague Le Hunte Cooper serait le fils du Dr Robert Thomas Cooper, médecin irlandais, l'un des artisans du développement de l'homéopathie au Royaume-Uni. Robert Montague avait déjà publié, en 1927, un ouvrage sur le cancer réalisé à partir d'expériences cliniques, et qui avait été présenté à l'International Homeopathic Congress de 1927.

³⁵⁸ Le Hunte Cooper, *The Danger of Contamination by Aluminium*, John Bale, Sons & Danielsson, Ltd., Londres, Third Edition, 1932, page de couverture.

raison des opinions précédemment exprimées »³⁵⁹. Il justifie ainsi le choix de publier ses travaux sous la forme d'un opuscule de 36 pages et non dans une revue reconnue.

Le Hunte Cooper est un cas intéressant, car il s'agit du point de vue d'un praticien, médecin de quartier, confronté à des pathologies qu'il a cherché à comprendre et à guérir. Sa démarche est originale : partant d'une intuition – il soupçonne d'abord la présence de vaisselle en cuivre –, il agit de manière empirique, en demandant à ses malades de cesser d'utiliser les casseroles et autres ustensiles de cuisine en aluminium, puis scientifique, en se rapprochant d'un laboratoire de recherche médicale public, et en menant des travaux en collaboration avec un chercheur de ce laboratoire, le docteur Eastes des *Pathological and Public Health Laboratories* de Londres pendant plusieurs mois. Sa démarche relève bien de celle d'un chercheur par laquelle il mentionne et discute les travaux de référence existants : *The Lancet* en 1913, Schaeffer, Gies and Steel, Underhill and Peterman, tous concordant avec la conclusion que l'aluminium n'est pas totalement éliminé après ingestion mais qu'on le retrouve stocké dans différentes parties du corps humain.

Le Hunte Cooper a entrepris ensuite de refaire certaines expériences avec Eastes et d'en mener d'autres nouvelles. Les descriptions et hypothèses avancées sont en partie inspirées des travaux de Underhill lequel souligne l'effet cumulatif et à long terme des quantités d'aluminium ingérées quotidiennement. Elles affirment notamment que les sels d'aluminium ont des effets négatifs non seulement sur l'appareil digestif, mais aussi sur le système nerveux. Le Hunte Cooper souligne en particulier l'abondante variété des sources de contamination possibles, compte tenu du développement du métal dans les ustensiles de cuisine, les emballages, les industries agroalimentaires, et de citer un article de *l'Encyclopedia Britannica* à l'appui de sa démonstration. Le danger, selon lui, est dans l'accumulation de toutes ces quantités infinitésimales :

« En admettant que les nombreuses sources d'entrée soient très petites, et même infinitésimales, collectivement, elles doivent être très sérieusement prises en considération, car cette offre collective est non seulement en augmentation régulière, mais a déjà atteint des proportions dangereuses que la liste suivante des récipients en aluminium prouvera [...]»³⁶⁰ »

Outre ses travaux et lecture, Le Hunte Cooper entre également en contact avec l'armée anglaise pour s'informer et y apprend, dit-il, que celle-ci a retiré les bouteilles en aluminium depuis quelques années, après une intoxication survenue dans l'armée coloniale, et liée à

³⁵⁹ *Ibid.*, p. 3.

³⁶⁰ Le Hunte Cooper, *The Danger of Contamination by Aluminium*, *op. cit.* p. 28.

l'ajout de jus de citron dans l'eau de ces récipients. Il noue enfin des relations avec un autre chercheur tout aussi critique que lui sur les effets de l'aluminium, le docteur Léo Spira.

4.2. Le Dr J. H. Burn, porte-voix des industriels

En 1932, en réponse à l'opuscule de Le Hunte Cooper, J. H. Burn, directeur des laboratoires de pharmacologie de la *Pharmaceutical Society of Great Britain*, publie à son tour une étude commandée par l'association anglaise des métaux non ferreux, intitulée « Aluminium et alimentation. Un examen critique des données disponibles sur la toxicité de l'aluminium »³⁶¹. J. H. Burn est âgé de 37 ans, il est à un tournant de sa carrière qui fut ensuite prestigieuse et très active dans la promotion de la pharmacologie³⁶². Le choix d'un membre de la *Pharmaceutical Society of Great Britain* est d'autant plus judicieux que, depuis 1883, celle-ci publie l'ouvrage de référence en matière de pharmacopée et toxicologie : *The Extra Pharmacopoeia*³⁶³.

L'ouvrage de 29 pages dresse un état des lieux de la question présenté devant l'Assemblée des analystes, une association de chercheurs et professionnels en analyses médicales et toxicologiques. Cet ouvrage est intéressant sur le fond, mais il l'est surtout pour les raisons qui ont pu conduire à sa publication. Comme dans le cas américain, il s'agit là d'une mise au point scientifique demandée par l'industrie à un chercheur d'un organisme indépendant. J. H. Burn développe son analyse à partir des travaux scientifiques favorables et défavorables parus depuis 40 ans sur la question, autant concernant les ustensiles de cuisine que les sels d'aluminium, en particulier les levures à base d'alun.

J. H. Burn démarre par les travaux ayant conclu à l'innocuité du métal et divise ceux-ci entre deux catégories : les « official bodies » et les « individuals or groups of individuals ». La nuance est surprenante. Les organismes officiels sont le Bureau de la guerre prussien, avec les travaux publiés en 1893 par Plagge et Lebbin, et le ministère de l'Agriculture américain avec les travaux du *Remsen Board* créé par Roosevelt, publiés en 1914. J. H. Burn détaille longuement le protocole d'étude et les résultats de ce dernier sans en préciser la genèse.

Au sein du groupe des individus ou groupes d'individus, il distingue les travaux ayant « conclu que dans certaines circonstances la consommation de composés d'aluminium est

³⁶¹ J. Harold Burn, *Aluminium and Food, a critical examination of the evidence available as to the toxicity of aluminium*, Londres, Council of the British Non-ferrous Metals Research Association, 1932.

³⁶² J. R. Vane, « J. H. Burn: an appreciation », *British Journal of Pharmacology*, 1982, n° 75, p. 3-7. A.S. Milton, « Third W.D.M. Paton Memorial Lecture », *British Journal of Pharmacology*, 1996, n° 119, p. 1293-1299.

³⁶³ William Martindale, *The Extra Pharmacopoeia*, Londres, Lewis, 1883.

nocive » de ceux ayant conclu que « globalement, l'aluminium dans l'alimentation est inoffensif ».

La consommation de composés d'aluminium est nocive

Les premiers sont au nombre de trois, ceux de l'Américain Matthew Steel, de l'université de Columbia (1911), d'un groupe de Français de l'université de Strasbourg, au premier rang desquels était Schaeffer (1928), et de Seibert et Wells, de l'université de Pennsylvanie (1929). Sans conclure à la nocuité du métal, Steel a été l'un des premiers à montrer que l'aluminium pouvait passer dans le sang à partir d'expériences menées sur des chiens auxquels il avait fait absorber de la levure chimique à l'alun. Steel a travaillé avec le Pr Gies, de l'université de Columbia, où a été mené le plus grand nombre de travaux critiques que J. H. Burn ne mentionne absolument pas, de même qu'il passe sous silence la deuxième partie des travaux de Steel qui a observé que le chlorure d'aluminium, injecté en intraveineuse chez le chien, se retrouvait dans les intestins. Les travaux à l'université de Strasbourg ont été conduits sur plusieurs centaines de souris divisées en différents groupes, dont certaines nourries avec du pain contenant du phosphate d'aluminium ou de la levure chimique, les autres de la levure de boulanger. Les autopsies ont montré des lésions sérieuses du tube digestif qui n'étaient pas présentes chez les animaux nourris avec du pain à base de levure de boulanger. Quatre chiens soumis au même régime ont développé des lésions mais au niveau du côlon. Seibert et Wells, à leur tour, ont expérimenté les effets des composés d'aluminium injectés par voie intraveineuse à des lapins. En 10 jours, la plupart ont développé de l'anémie, perdu du poids, et la mort est intervenue rapidement à la faveur d'infections telles que bronchite et pneumonie. Les chercheurs ont ainsi calculé quelles étaient les doses létales et montré que la rate des animaux, ainsi que les reins, avaient été particulièrement touchés. Une seconde série d'expériences a consisté à nourrir des lapins avec de l'aluminium sous différentes formes, métallique ou soluble. La mort est survenue très rapidement chez certains spécimens, avec des atteintes rénales importantes. Les auteurs ont conclu à la toxicité de l'ion d'aluminium sous certaines formes et à certaines doses, et au fait que l'aluminium, même sous forme inerte, était absorbé après ingestion, et pas éliminé de suite. Il est important de souligner que J. H. Burn ne fait aucune allusion aux travaux de H. W. Wiley, pourtant réalisés dans le cadre du Département de l'Agriculture américain, donc appartenant aux *official bodies*. Il minimise donc certains travaux et omet de mentionner les plus défavorables.

Globalement, l'aluminium dans l'alimentation est inoffensif

Dans le second groupe pour soutenir l'innocuité de l'aluminium, J. H. Burn fait référence à six publications, dont la première remonte à 1886. Il s'agit d'une étude allemande menée par Paul Siem, sous la direction du professeur Hans Meyer, à l'université de Marburg, sur des chats nourris avec de petites quantités d'alumine pendant quatre semaines. Burn insiste sur le fait que les effets gastro intestinaux survenus au départ ont ensuite disparu et qu'aucune trace d'aluminium n'a été décelée dans les urines. L'étude a ensuite cherché à déterminer les doses létales d'aluminium pour les lapins, les chiens et les chats.

La deuxième étude mentionnée est américaine et a été publiée par McCollum, Rask et Becker, en 1928. Elmer Verner McCollum³⁶⁴, professeur à la John Hopkins University, est un pionnier dans la recherche en nutrition³⁶⁵, qu'il a contribué à développer tant du point de vue de la recherche que de la vulgarisation scientifique³⁶⁶, avec des publications destinées aux ménagères, pendant la Première Guerre mondiale notamment. Ses travaux, à la pointe de la recherche à cette date, en particulier dans les protocoles d'essais avec les rats, constituent des références solides. Il a été le premier, aux États-Unis, à sélectionner une race de rats et à en assurer l'élevage lui-même à des fins scientifiques, à partir de 1908, en focalisant ses travaux sur les nutriments. Il a ainsi découvert le rôle de la vitamine A en collaboration avec Marguerite Davis, puis de la vitamine D. Très inséré dans la communauté scientifique américaine, il est proche du Pr R. Chittenden, l'un des membres du *Remsen board*, qui l'a aidé au tout début de son parcours universitaire. L'étude, résumée en 12 lignes par J. H. Burn, ne montre pas de différence entre les groupes de rats nourris avec du chlorure d'aluminium, avec de la levure chimique et sans apport de composés d'aluminium. La durée de l'expérience n'est pas mentionnée par l'auteur, qui précise seulement qu'il s'agit de rats adultes. Le contexte de cet article est pourtant fondamental. Reprenant les travaux précédents, en particulier ceux de Gies et ceux du comité d'expert, E. V. McCollum souligne les écarts importants qui existent dans les quantités d'aluminium observées dans les aliments et les biais introduits dans les méthodes de quantifications. Son propos est d'autant plus intéressant qu'il défend l'usage de la spectrographie dont les mérites sont à la fois d'éviter tout apport extérieur d'aluminium lors des expériences et de pouvoir distinguer les quantités infimes. La

³⁶⁴ Cf. Harry G. Day, « Elmer Verner McCollum, 1879—1967 », *Biographical Memoirs*, Washington, D. C., National Academy Of Sciences, 1974, p. 262-335.

³⁶⁵ Robert D. Simoni, Robert L. Hill, and Martha Vaughan, « Nutritional Biochemistry and the Discovery of Vitamins: the Work of Elmer Verner McCollum », *J. Biol. Chem.* 2002, vol. 277, n° 19, p. 16-18.

³⁶⁶ Elmer Verner McCollum, *The Newer Knowledge of Nutrition*, New York, The Macmillan Company, 1918.

conclusion de ses travaux est en faveur de l'innocuité complète de l'aluminium. Elle développe quatre affirmations qui veulent couper court aux travaux précédents :

« 1. L'aluminium n'est pas un élément constitutif ni des plantes ni des animaux ;
2. Les composés d'aluminium ajoutés à l'alimentation ne sont pas absorbés en dehors de l'estomac ou de l'intestin ; 3. Les composés d'aluminium lorsqu'ils sont présents dans le tube digestif ne forment pas d'union ou de composé avec l'estomac ou les parois intestinales. 4. Les composés d'aluminium dans l'alimentation à des concentrations aussi élevées que 600 ppm de l'élément aluminium n'exercent aucune action notable délétère sur la croissance, la reproduction ou bien-être général en juger par l'apparence extérieure et l'autopsie³⁶⁷. »

E. V. McCollum n'a publié aucune autre étude sur les composés d'aluminium et n'a pas justifié de ce choix d'étude. Son principal sujet d'étude à l'époque concerne le lait, et il travaille étroitement avec les producteurs laitiers. Ses affirmations sur l'aluminium se sont avérées erronées pour la plupart. Malgré cela, les résultats de cette recherche ont été abondamment cités par la suite.

Les deux autres études sont signées de Victor Caryl Myers, en collaboration avec James W. Mull³⁶⁸ pour l'une et de Dempsey B. Morrison³⁶⁹ pour l'autre. V. C. Myers est alors professeur et directeur de la Division de biochimie du Département de Chimie de la *University of Iowa* et affilié aux *University Hospitals*. Spécialisé dans la chimie du sang, son passage dans cette université a été rapide, entre 1924 et 1927. Parmi les travaux qu'il réalise, ses études sur l'aluminium commencent en 1924 et sont le résultat d'une commande financée par un producteur de levure chimique, la *Calumet Baking Powder Company*³⁷⁰. Meyers et ses co-auteurs ont mené leurs expérimentations sur des rats nourris avec des biscuits contenant 2 mg de sulfate d'aluminium et de potassium, dont ils ont ensuite analysé différents organes, ainsi que sur des chiens nourris eux-aussi avec des aliments contenant des sels d'aluminium, ou

³⁶⁷ « 1. Aluminum is not a constituent of either plant or animal matter. 2. Aluminum compounds are not absorbed out of the stomach or intestinal tract when present in diet. 3. Aluminum compounds when present in the alimentary tract do not form any union or compound with the stomach or intestinal walls. 4. Aluminum compounds in the diet in concentrations as high as 600 p.p.m. of the element aluminum exert no noticeably deleterious action on growth, reproduction, or general well being as judged by external appearance and autopsy. »

³⁶⁸ Victor C. Myers and James W. Mull, « The influence of the administration of aluminum upon the aluminum content of the tissues, and upon the growth and reproduction of rats », *J. Biol. Chem.*, n° 78, 1928, p. 605-613.

³⁶⁹ Victor C. Myers and Dempsey B. Morrison, « The influence of the administration of aluminum upon the aluminum content of the tissues of the dog », *J. Biol. Chem.*, n° 78, 1928, p. 615-624.

³⁷⁰ Clarence P. Berg, *The University of Iowa and Biochemistry from their beginnings*, Iowa City, The University of Iowa, 1980, p. 55.

ayant reçu une injection par voie intraveineuse. Leur méthode de quantification repose sur l'analyse colorimétrique, laquelle leur a posé beaucoup de problèmes dans sa mise en œuvre et a fait l'objet d'un premier article des trois auteurs ensemble, et publié dans le même numéro de *The Journal of Biological Chemistry*³⁷¹. Les chercheurs ont trouvé des traces non négligeables d'aluminium en dehors des organes digestifs, ce qui allait à l'encontre des résultats de McCollum, et en ont même trouvé, à leur grand étonnement, dans le cerveau de rats pourtant nourris avec des aliments choisis pour leur absence d'aluminium³⁷². Les chiens autopsiés ayant ingéré de l'aluminium présentaient aussi ce phénomène, et de l'aluminium a été retrouvé à quantités égales dans le cerveau, les poumons et le pancréas, et en plus grande quantité dans le cœur et les muscles, tandis que les reins ont été moins touchés.

Outre ces trois articles, dont deux seulement sont cités dans l'ouvrage de J. H. Burn, il en figure deux autres sous la plume de V. C. Myers dans ce même volume de *The Journal of Biological Chemistry*. Le premier, co-signé avec John A. Killian³⁷³, de la *Medical School and Hospital*, de New York, relate des essais faits sur une vingtaine de patients pour étudier la digestion de biscuits à base de levure chimique à l'aluminium. Le second, de deux pages, co-signé de nouveau avec J. W. Mull³⁷⁴, est consacré à la place de l'aluminium dans le corps humain et il est réalisé à partir de l'autopsie de 14 corps obtenus auprès du *Pathological Laboratory of the City Hospital* de New York. Les auteurs présentent ces résultats en compléments de ceux effectués sur le rat et le chien. Ils publient un tableau comportant les pathologies des patients décédés et les quantités d'aluminium trouvées par organe, sans en proposer d'hypothèses ou d'interprétation, annonçant simplement leur convergence avec les travaux sur le rat et le chien. Ils révèlent que l'organe comportant la plus grande quantité d'aluminium en moyenne est le cerveau (0,25 mg d'aluminium pour 100 g de tissu), suivi du cœur (0,25 mg) et des reins (0,10 mg).

Les travaux suivants mentionnés font référence à une série d'articles parus dans le *American Journal of Physiology* en 1929. Leur apport tient dans le fait que des quantités significatives d'aluminium ont été trouvées dans des chiens nourris ou non avec de l'alimentation contenant de l'aluminium, idem pour des humains. Ces résultats tendent à prouver que l'ajout ou non d'aluminium dans l'alimentation ne change pas grand chose aux quantités trouvées, et que

³⁷¹ Victor C. Myers, James W. Mull and Dempsey B. Morrison, « The estimation of aluminum in animal tissues », *J. Biol. Chem.*, n°78, 1928, p. 595-604.

³⁷² Victor C. Myers and James W. Mull, *op. cit.*, 1928, p. 609 : « The amount found in the brain in this case seems out of harmony with the other tissues and therefore may be open to question ».

³⁷³ Victor C. Myers and John A. Killian, « The solubility in the stomach and duodenum of aluminum compounds found in baking powder residues », *J. Biol. Chem.*, n° 78, 1928, p. 591-594.

³⁷⁴ Victor C. Myers and James W. Mull, « The aluminum content of human autopsy tissue », *J. Biol. Chem.*, n° 78, 1928, p. 625-626.

l'aluminium est naturellement présent dans les tissus et les organes. Enfin, l'auteur termine par les travaux de Kenneth Mackenzie publiés en 1930 et 1931, et qui sont présentés comme les seuls réalisés en Grande Bretagne sur ce sujet, une façon de déconsidérer ce que Le Hunte Cooper a réalisé. Les études, menées sur des cochons et des rats, concluent à l'élimination quasi-complète de l'aluminium ingéré par les animaux, sous forme de levure chimique – la levure Calumet est de nouveau mentionnée – par les selles, et à l'absence de traces dans les urines. Le développement des animaux n'est nullement altéré par la présence d'aluminium. L'intérêt de la deuxième étude est la mise en œuvre des différentes méthodes d'analyse de l'aluminium mentionnées jusqu'ici : la méthode gravimétrique de Schmidt et Hoagland de 1912, avec les modifications préconisées par Balls en 1917, et la colorimétrie mise en œuvre par Myers et Morrison en 1928 dans le premier article, auxquelles est ajoutée dans le second la spectrographie, mais dans une version modifiée par rapport à celle mise en œuvre par McCollum et ses collaborateurs en 1928.

Enfin, J. H. Burn termine son inventaire des travaux par un chapitre sur l'aluminium introduit dans la nourriture par les ustensiles de cuisine, dont la seule référence est un article publié en 1929 dans la revue de l'entreprise industrielle allemande *Vereinigte Aluminium Werke*³⁷⁵. Aucune allusion n'est faite aux travaux français et allemands menés auparavant.

Des conclusions assez suspectes

J. H. Burn termine son ouvrage par des conclusions ambiguës. Il argumente d'abord sur le fait que les observations réalisées ne sont pas toujours faites avec une « stricte impartialité et un soin scrupuleux », faisant ici allusion aux difficultés à la fois dans le choix des méthodes d'analyse et dans la mise en œuvre des procédures. Il considère ensuite que certains chercheurs sont plus fiables que d'autres, discréditant *de facto* les travaux de thèse, et il donne aux chercheurs de « positions plus élevées » la seule légitimité, et le rôle de « guides suffisants pour autrui »³⁷⁶. A l'appui de ces affirmations, J. H. Burn cite les travaux du *Remsem Board*, et ceux de McCollum basés sur l'usage difficile de la colorimétrie, et dont les résultats ne sont pourtant guère satisfaisants. Ces travaux ont été menés avec de la levure chimique ou des injections de sels d'aluminium par voie intraveineuse, mais aucun ne prétend avoir étudié la contamination par les ustensiles en aluminium. Burn dresse ensuite une liste d'ouvrages en pharmacologie dans lesquels l'usage des ustensiles en aluminium est

³⁷⁵ Massatch and Steudel, 1929, V.A.W. Hauszeitschrift, June. Nous n'avons pas pu identifier ces deux chercheurs.

³⁷⁶ J. H. Burn, *op. cit.*, p. 27.

explicitement jugé sans danger, citations à l'appui, même si certains reconnaissent la contamination des aliments par les sels d'aluminium : le *Text book on Pharmacology* de Torald Hermann Sollmann publié aux États-Unis en 1922, le *Text Book of Pharmacology* publié par Poulsson³⁷⁷ à Oslo en 1923, le *Text-book of Pharmacology and Therapeutics*³⁷⁸ publié par Cushny à Edinburgh en 1924.

Enfin, J. H. Burn en vient à la motivation principale de son ouvrage, la réponse au livre de R. M. Le Hunte Cooper, en reprenant l'affirmation principale : « on peut se demander comment se fait-il que les gens soient guéris en arrêtant d'utiliser de la vaisselle en aluminium pour cuire leur nourriture ?³⁷⁹ ». La démonstration de J. H. Burn est étonnante : elle critique de façon générale toute nouvelle forme de médecine ou tout nouveau médicament, car relevant, pour lui, d'un phénomène de mode. Il juge les succès médicaux de Cooper comme des mystères, fruits d'une relation particulière du malade à son docteur et de l'emprise psychologique de celui-ci : « Pourvu que le médecin estime que les ustensiles sont dangereux, il observera le bénéfice chez quelques patients à ne plus les utiliser, mais le bénéfice dépend de la conviction du médecin et constitue un bénéfice en raison de forces psychologiques seulement³⁸⁰ ». C'est une façon habile de décrédibiliser Le Hunte Cooper. Enfin, J. H. Burn repousse (sans les citer) les travaux concernant une relation entre aluminium et cancer en affirmant qu'il s'agit d'« inventions sensationnelles » et d'affirmations « stupides et malveillantes ». Sa conclusion finale est sans appel : « La conclusion finale est sans aucun doute que les récipients en aluminium ne présentent aucun danger pour la santé.³⁸¹ ».

Si l'ouvrage de J. H. Burn n'est pas motivé par des décisions de justice défavorables, il est néanmoins, comme dans le cas américain, le fruit d'une commande des industriels concernés. Cette situation est mentionnée explicitement sur la couverture, ce qui ne peut pas porter à confusion. Néanmoins, l'examen du contenu de l'ouvrage montre de nouveau à quel point l'exercice est difficile pour le chercheur à qui incombe la synthèse, et le propos, de nouveau, dépasse les frontières de l'objectivité scientifique pour entrer dans le champ du militantisme ou de l'argumentaire politique. Les références à des travaux financés par les industriels, américains ou allemands, ne sont pas sujettes à questionnement, et le scientifique omet

³⁷⁷ Edvard Poulsson, *A Text-book of Pharmacology and Therapeutics*, English Edition edited by E. Dixon, Londres, Heinemann, 1923.

³⁷⁸ Arthur Robertson Cushny (1866-1926) a publié plusieurs éditions de cet ouvrage aux États-Unis et au Royaume-Uni. Arthur R. Cushny, *A Text-Book of Pharmacology and Therapeutics*, 8th ed. thoroughly revised, Londres, Churchill, 1924.

³⁷⁹ J. H. Burn, *op. cit.* p. 28.

³⁸⁰ *Ibid.*

³⁸¹ *Ibid.*

sciemment de faire référence aux articles contradictoires pourtant présents dans les revues citées à l'appui de sa démonstration.

4.3. La controverse est solidement installée

L'ouvrage de Le Hunte Cooper en 1931 a été suivi de deux éditions supplémentaires et d'échanges épistolaires *via* le *British Medical Journal*. Le supplément en réponse à l'ouvrage de J. H. Burn, inséré à la fin de la 3^e édition, reprend les témoignages concordants venus de praticiens confrontés à des cas similaires et retourne un à un les arguments et travaux cités par J. H. Burn. Le Hunte Cooper a ensuite poursuivi son travail et publié deux ouvrages sur le sujet en 1938 et 1942 : *Additional Evidence on the Injurious Effects of Aluminium*³⁸², et *An Outline of Aluminium Pathogenesis*³⁸³.

La démarche de Le Hunte Cooper a été soutenue par un de ces collègues, médecin généraliste lui aussi, le Dr Leo Spira, qui publie en 1933 un opuscule au titre provocateur : *The Clinical Aspects of Chronic Poisoning by Aluminium and Its Alloys*³⁸⁴, avec une bibliographie très précise et riche.

L. Spira s'est installé en 1922 comme médecin à Londres, après des études de médecine en Autriche, où il a eu comme professeur Hans Horst Meyer à Vienne, et en Tchécoslovaquie. Il y a été confronté à des premiers cas d'eczéma parmi ses patients, avant d'en être lui-même atteint. Il a consigné ses observations dans deux articles qu'il a tenté de faire publier en 1926 dans des revues médicales, en vain. Il a fini par y parvenir dans un journal peu connu et à faible diffusion, la *Franco-Britannic Medical Review*³⁸⁵, avant que ceux-ci ne soient repris par *American Medicine* en 1928 et 1929³⁸⁶. On trouve trace de lui dans *The British Medical Journal* dès 1928 par une note dans laquelle il affirme que la suppression des ustensiles de cuisson en aluminium permet de guérir de la vulvite. En 1930, il intervient pour conseiller à un collègue confronté à de l'eczéma de lire ses deux articles parus dans la *Franco-Britannic Medical Review*. En 1932, suite à l'opuscule publié par Le Hunte, on le voit répondre à

³⁸² R. M. Le Hunte Cooper, *Additional Evidence on the Injurious Effects of Aluminium*, Londres, John Bale, Sons & Curnow, Limited, 1938, 12 p.

³⁸³ R. M. Le Hunte Cooper, *An Outline of Aluminium Pathogenesis*, Londres, Bale, Son and Curnow, Ltd., 1942.

³⁸⁴ Leo Spira, *The Clinical Aspect of Chronic Poisoning by Aluminum and Its Alloys*, with a foreword by Prof. Dr. Hans Horst Meyer, J. Bale, Sons & Danielson, 1933.

³⁸⁵ Leo Spira, « Some Skin Manifestations and Their Relation to the Disturbance of the Gastro-intestinal Tract. », *Franco-Britannic Medical Review*, 1928, 5, 1. Reprinted in *American Medicine*, 1928, n.s. 23, 913 ; « Chronic Poisoning by an Irritant Contained in Aluminium Cooking: Utensils and Tap Water », *Franco-Britannic Medical Review*, 1928, 5, 61. Reprinted in *American Medicine*, 1929, n.s. 24, 40.

³⁸⁶ Leo Spira, *The Drama of Fluorine. Arch Enemy of Mankind*, Milwaukee, Lee Foundation for Nutritional Research, 1953, p. 15 et suivantes.

plusieurs reprises à des médecins abondant dans son sens, ou à l'inverse, relativisant ses conseils. Il est fait également mention d'une conférence lors d'un congrès de médecine en juin 1932. Lorsque paraît son opuscule en 1933, il est déjà connu pour ses positions vis-à-vis de l'aluminium et de l'eau du robinet.

Ses observations cliniques s'appuient sur lui-même – il a souffert d'une forme sévère d'eczéma – et sur ses patients depuis 10 ans. Les symptômes sont classés en trois grandes catégories : gastro-intestinales, cutanées, et état général. Cette dernière catégorie comporte des cas d'atteintes neurologiques et de paralysies. Les cas sont extrêmement détaillés et touchent des patients aux profils variés : hommes plus ou moins jeunes, femmes et enfants. L. Spira explique les protocoles d'observation et traitements utilisés. Outre la suppression de tous les ustensiles en aluminium, il préconise l'arrêt de la consommation d'eau du robinet, les sels d'alun étant utilisés pour sa purification. Il affirme aussi que l'état des malades s'améliore en quittant l'Angleterre, et qu'à l'inverse, des étrangers venus s'y installer développent ces symptômes. Spira ne donne pas de chiffres et indique simplement que le nombre de cas est très important avec un degré de sensibilité au métal variable. A partir de sa lecture des travaux parus sur le sujet, il émet ensuite un certain nombre d'hypothèses pour expliquer les modes d'action de l'aluminium et de ce qu'il appelle ses « impuretés » : la fluorine, la silice, le ferro-silicium, l'arsenic et l'antimoine. La première étude citée est la thèse de P. Siem, de 1886, déjà mentionnée par Burn. Spira en donne une toute autre interprétation en s'attachant à montrer les effets physiologiques produits par les doses d'alumine administrées aux chats, en particulier après autopsie. Il rappelle que Siem a classé le mode d'action de l'aluminium dans la même catégorie que le mercure et le plomb, des métaux facilement absorbés par le système digestif³⁸⁷. Enfin, il termine en évoquant la « controverse » consécutive à cette étude (« the ensuing controversy »), mais qui a cessé jusqu'à ce qu'apparaisse la controverse américaine sur la levure chimique. Il oublie de mentionner le débat survenu après les travaux par Lubbert et Roscher en 1891.

Spira développe subséquemment cette controverse sur la levure chimique, en en soulignant la longue durée, comme l'a déjà fait l'article de *Science* de 1928, et précise les cinq pays concernés par un débat qui s'est concentré sur « the element aluminium alone ». De cette controverse au sein des « cercles médicaux », il souligne le très net clivage des points de vue pour ou contre l'innocuité, et montre qu'il existe une position médiane, dans laquelle certains affirment que bien que l'aluminium soit en général inoffensif, il peut dans certains cas être néfaste. Il remarque aussi, à juste titre, que les discussions se sont surtout focalisées sur les

³⁸⁷ Léo Spira, *The Drama of Fluorine*, *ibid.* p. 15.

méthodes d'analyse et la valeur des résultats obtenus. Comme Le Hunte Cooper, L. Spira distingue ensuite une série de travaux convergents autour de Lehmann en Allemagne et, aux États-Unis, Mackenzie, Schmidt & Hoagland ainsi que McCollum et ses collaborateurs. Ceux-ci affirment que l'aluminium dérivé de l'alimentation « aluminisée artificiellement » n'est pas soluble ou si peu que cela n'a pas d'effets négatifs sur le corps, et que l'on n'en retrouve pas de trace dans le corps. Ils se satisfont d'affirmer que les quantités présentes dans la nourriture sont bien moindres que celles contenues à l'état naturel dans certaines plantes.

A l'inverse, un autre groupe de chercheurs américains, Gies, Steel et Kahn, confortés par des travaux français, a observé que le phosphate d'aluminium est dissous par le suc gastrique et se transforme en chlorure, lequel attaque les parois de l'estomac et passe dans le sang. Il peut ainsi pénétrer dans différentes parties du corps, tandis qu'une certaine quantité est évacuée par la bile et l'urine. La transformation du phosphate d'aluminium en chlorure d'aluminium a été particulièrement bien démontrée par les travaux de Schaeffer à Strasbourg, ainsi que ses effets négatifs sur les animaux, avec un effet très accentué sur les plus jeunes. L. Spira reprend ensuite les travaux de Underhill et de ses collaborateurs qui ont conduit à quantifier la présence d'aluminium dans différentes parties du corps dont le foie, les reins, le cerveau, la rate, avec des quantités variables selon l'âge des cobayes.

A la différence de Le Hunte Cooper, L. Spira développe une série de travaux allemands, parus dans le *Deutsche Aerzte Zeitung*³⁸⁸, lesquels affirment voir se développer depuis quelques années de nouvelles pathologies jusque là inconnues sur le continent et qu'ils attribuent à l'usage de plus en plus répandu de l'aluminium dans les ustensiles de cuisine. Les travaux cités semblent provenir de praticiens en contact avec des patients souffrants de pathologies similaires à celles observées par L. Spira et Le Hunte Cooper. L'un d'eux affirme ainsi que des quantités de plus en plus élevées d'aluminium sont observées dans le corps humain et sont dues à une absorption inhabituelle et très importante d'alun dans la nourriture de la population allemande pendant la guerre 1914-1918. Selon lui, depuis deux ans, des pathologies apparues en Allemagne ont été directement reliées à la présence d'aluminium.

Enfin, L. Spira se lance également dans une série d'hypothèses, moins étayées et plus douteuses, contre les impuretés du métal, dont le fluor. Il fait mention de travaux suisses menés sur le bétail à proximité d'une usine d'aluminium, faisant ainsi un rapprochement direct entre pollution industrielle et toxicologie alimentaire : selon lui, la présence de fluor dans le procédé de production peut se retrouver dans l'aluminium sous forme métallique. Il termine cette « discussion » par une allusion aux suspicions lancées sur une éventuelle

³⁸⁸ La bibliographie de Spira mentionnait 17 articles avec 14 auteurs différents.

relation entre l'absorption d'aluminium et le cancer du colon. Tout en reconnaissant qu'aucune étude n'a permis de corréler l'un à l'autre, il souhaite la poursuite des recherches dans ce domaine, justifiant son propos par une possible interaction du carbone dont il suppose la présence dans l'aluminium. En 1935, un article publié dans *The Times*, et intitulé « Aluminium Cooking Vessels », lui donne une plus grande visibilité. Ce faisant, L. Spira se qualifie désormais de « chercheur »³⁸⁹ et poursuit ses publications sur le sujet.

Cette polémique publique, par médias interposés, et sur un sujet très sensible, a imposé aux pouvoirs publics de prendre position. A son tour, le *Ministry of Health*³⁹⁰ a publié en 1935 un rapport intitulé *Aluminium in Food*, dans lequel il a tenté de prendre position, face à l'opinion publique : « L'utilisation des ustensiles de cuisine a été critiquée de temps en temps... Ces critiques ont été si persistantes que beaucoup de personnes ont banni la vaisselle en aluminium de leur cuisine³⁹¹ ». Le ministère n'a cependant lancé aucun programme de recherche, mais il a confié à un chimiste la rédaction d'une synthèse critique des travaux existants : la bibliographie comporte 250 références. Les conclusions sont prudentes : l'absorption de doses élevées de sels d'alun semble provoquer des problèmes digestifs, et il est raisonnable d'éviter les sources d'ingestion de quantités importantes comme avec la levure chimique. Le texte souligne les différences de sensibilité des individus face aux petites quantités d'aluminium ingérées avec de la nourriture cuite dans des ustensiles en aluminium. Sans interdire l'usage de l'aluminium dans la cuisine ou comme additif, le rapport émet des réserves et des conseils dans l'emploi. Les recommandations relèvent du principe de précaution : « C'est une règle de sécurité que d'exclure de la nourriture autant que possible tout ce qui peut raisonnablement être soupçonné de causer des dommages, et pour cette raison il n'est pas souhaitable d'admettre de l'aluminium dans les quantités relativement grandes dans lesquelles il peut être utilisé dans la levure chimique [...]»³⁹².

L'analyse du cas anglais est intéressante à plusieurs titres. Elle montre bien la fluidité des circulations de connaissances et des débats scientifiques sur l'aluminium, dans le champ médical, entre Europe et États-Unis depuis les années 1890. Ce cas est original par la nature des acteurs en présence : parmi les experts, les médecins généralistes se distinguent par leur

³⁸⁹ Leo Spira, *The Drama of Fluorine*, op. cit. p. 8. Spira intitule le chapitre 2 de son ouvrage « I turn Into A Research Worker » et y raconte son expérience.

³⁹⁰ Archives du Parlement britannique, *Débats de la Chambre des communes du 12 mars 1936* (HC Deb 12 March 1936 vol 309, cc2306-7).

³⁹¹ Gordon Wickham Monier-Williams, *Aluminium in food*, Gt. Brit. Ministry of Health. Reports on public health and medical subjects, Londres, H.M. Stationery Off., n° 78, 1935. Cité par Mark Clement, *Aluminium, a menace to health*, Londres, True Health Publishing Company, 1949, p. 22.

³⁹² « . ». Cité par Mark Clement, *Aluminium*, op. cit., 1949.

approche empirique puis scientifique. Leur présence semble être différemment acceptée par la communauté scientifique hospitalière et universitaire, entre collaboration et déni. Enfin, comme aux États-Unis, on note l'influence des industriels qui tentent de contrecarrer les accusations contre le métal en finançant la publication d'une synthèse commandée à un scientifique à la réputation bien affirmée.

5. LA QUIÉTUDE FRANÇAISE

Aucun équivalent à l'ouvrage d'E. E. Smith ou à celui de J. H. Burn n'existe parmi toutes les publications françaises. A la différence de la recherche américaine, la communauté scientifique française est, depuis 1854, largement familiarisée avec l'aluminium. L'ouvrage de référence est, depuis 1859, celui de Sainte-Claire Deville, qui affirme l'innocuité du métal. Les relations entre industriels et chercheurs publics sont historiquement fortes, et contribuent aussi au développement commercial du métal sans crise majeure. L'épisode A. Ditte a finalement peu duré et son point de vue a été largement contredit par des personnalités de poids. Dans sa réponse à H. Moissan³⁹³, en avril 1899, A. Ditte s'est fait plus nuancé : sans reconnaître d'erreurs dans ses analyses, il a modéré ses conclusions et a affirmé *in fine*, que l'aluminium était bien adapté aux usages des soldats, qu'il était même supérieur au fer étamé, mais qu'il convenait néanmoins d'en surveiller la qualité du métal et les techniques de mise en œuvre. On ne voit donc pas, en France, à l'inverse des États-Unis ou du Royaume-Uni, l'émergence d'une communauté scientifique critique à l'égard de l'aluminium, bien au contraire.

5.1. Auguste Trillat, une figure emblématique positive

Du côté des travaux universitaires, deux thèses seulement ont été soutenues avant 1914 sur l'aluminium. Publié en 1909, le livre de Maurice François, *Aluminium et ses composés*, correspond à la thèse qu'il a présentée au concours d'agrégation de la section de chimie et toxicologie. L'ouvrage offre une synthèse des connaissances chimiques sur l'aluminium à cette date, avec une influence très forte des travaux d'Henri Sainte-Claire Deville et d'Adolphe Minet, visible notamment dans les applications du métal mentionnées. La controverse scientifique n'y a pas place. Émile Kohn-Abrest publie en 1911 sa thèse de la

³⁹³ Alfred Ditte, « Sur les applications de l'aluminium », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 17 avril 1899, p. 971-975.

Faculté des sciences de l'université de Paris, pour l'obtention du grade de docteur ès sciences physiques, intitulée *Recherches sur l'aluminium*³⁹⁴. Dédié à Jules Ogier, directeur du laboratoire de toxicologie, l'ouvrage ne prend aucunement partie dans le débat sur la toxicité ou non de l'aluminium. Il est essentiellement consacré aux propriétés physiques du métal, notamment sous forme de poudre. L'environnement français paraît donc beaucoup plus serein que celui des États-Unis et du Royaume-Uni. Cette situation doit beaucoup à un chimiste qui a, en 1897, entamé une collaboration avec le principal producteur français de métal primaire et d'ustensiles de cuisine.

Chef du Service des recherches appliquées à l'Hygiène à l'institut Pasteur

Auguste Trillat³⁹⁵ est chimiste, entré à l'institut Pasteur en 1901 après un passage dans l'industrie du formol. Il a été sollicité par la Société Électrométallurgique Française (SEMF) pour mener des recherches afin de déterminer l'innocuité de l'aluminium et aider au développement du métal dans l'industrie de la brasserie. Ses travaux, commencés en 1897, ont abouti à une publication dans le *Bulletin de la Société d'encouragement à l'industrie nationale* en 1915³⁹⁶, extraite d'un rapport de mission remis au ministère du Commerce sur les industries nouvelles. Dans cet article : « Emploi de l'aluminium dans les industries alimentaires », A. Trillat est revenu sur ses 18 années de travail sur ce sujet, justifiant dès la deuxième phrase la raison d'être de son texte : « Cependant des objections nombreuses ont été et sont encore actuellement soulevées au sujet de son emploi ». Il ne précise cependant pas qui sont les auteurs des critiques en cours, s'il fait référence à des travaux français ou étrangers. A. Trillat mentionne seulement et différencie, à juste titre, les recherches datant des débuts de l'industrie de l'aluminium, et qui ont porté sur un métal très impur. Cela est le cas pour Lubbert et Roscher en 1891 et Ditte en 1898, que l'auteur prend la peine de citer. Selon lui, l'industrie livre désormais de façon régulière un métal de qualité constante, titrant 99,5 ou 99,8 % d'aluminium, ce qui permet d'éviter tout problème lié à la présence du cuivre. Trillat concentre son propos sur les travaux les plus récents et les applications alimentaires, dont certaines, selon lui, sont à contre-indiquer. La méthodologie adoptée est double : essais en laboratoire et « enquête faite dans certaines usines où l'aluminium était déjà employé », en

³⁹⁴ Émile Kohn-Abrest, *Recherches sur l'aluminium*, Paris, Librairie Polytechnique, Ch. Béranger éditeur, 1911.

³⁹⁵ Étienne Aucoeur, « Auguste Trillat : épidémiologie et immunologie de guerre », *Revue d'histoire des sciences*, janvier-juin 2014, p. 115-150. Voir aussi la notice biographique sur le site des archives de l'Institut Pasteur : <http://www.pasteur.fr/infosci/archives/f-bio.html>

³⁹⁶ Ce volume du *Bulletin* comporte deux articles d'A. Trillat. Le premier traite de « L'attaque de l'aluminium par l'acide nitrique » et concerne l'utilisation des fûts en aluminium pour le transport et le stockage de l'acide azotique, et les récipients en aluminium utilisés pour la nitration de la cellulose. Le second, « Emploi de l'aluminium dans les industries alimentaires », concerne les usages alimentaires.

particulier une brasserie, ce qui, indéniablement, lui donne une pertinence par rapport à des expériences purement menées en laboratoire.

A. Trillat est, en 1915, chef du Service des recherches appliquées à l'Hygiène à l'institut Pasteur et conseiller des ministères de la Guerre et de la Marine dans le domaine des nuages artificiels et de la protection des métaux légers contre la corrosion³⁹⁷. A cette date, son laboratoire a été désigné Laboratoire annexe des Études chimiques de guerre³⁹⁸. Il a ainsi proposé un vernis à base de graisses hydrogénées qui a été adopté par l'armée³⁹⁹. Il a aussi organisé des équipes de prisonniers de guerre spécialisés, notamment dans le soudage et le laminage de l'aluminium, à la demande du ministère de l'Invention⁴⁰⁰. Sa maîtrise de l'allemand, acquise au sein des entreprises, comme sa bonne connaissance de l'industrie chimique allemande a sans aucun doute été des atouts essentiels pour mener à bien cette tâche. A. Trillat a eu encore à analyser l'alliage du Zeppelin L-49. Ses essais relèvent autant du contrôle – celui de l'état du métal après usage ou problème décelé – que de la recherche fondamentale – avec l'étude des phénomènes d'altération – et du développement, puisqu'il annonce aussi chercher des moyens pour limiter cette corrosion.

Une recherche cloisonnée

Après une présentation générale des qualités physico-chimique de l'aluminium, A. Trillat a divisé son propos en trois parties très inégales dans leur traitement : altération, innocuité et application. La partie intitulée « Altération et attaque de l'aluminium » est extrêmement détaillée, argumentée et pédagogique. A. Trillat évoque notamment ses essais pour neutraliser l'action corrosive de liquides, par adjonction d'arséniate de soude et d'arséniate de fer. Il souligne la plus grande sensibilité à la corrosion du métal soumis au laminage, et la plus grande résistance du métal recuit. Enfin, il termine cette partie par une évocation des techniques de recouvrement du métal qui sont mises en œuvre : si le recours au graissage avec de la vaseline ou de la paraffine est déjà connu et répandu, A. Trillat évoque l'emploi nouveau et novateur de vernis protecteurs à base de celluloid, l'acétate de cellulose et le gutta-percha⁴⁰¹.

³⁹⁷ À ce titre, A. Trillat contribua à former des équipes de prisonniers spécialistes dont des soudeurs d'aluminium et des conducteurs de laminoirs d'aluminium. « Notice complémentaire concernant les titres de M. Trillat », Laval, Imprimerie Barnéoud, 1924, p. 12

³⁹⁸ « Notice complémentaire... », *op. cit.*, 1924, p. 11-12. Archives de l'institut Pasteur, FR AIP TRI.

³⁹⁹ Auguste Trillat, *Notice...*, *op. cit.*, 1933, p. 5.

⁴⁰⁰ Auguste Trillat, *Notice sur les titres...* *op. cit.*, 1921, p. 20

⁴⁰¹ La gutta-percha est une substance gommeuse tirée d'un arbre de Malaisie dont la substance plastique et isolante est utilisée en chirurgie, en prothèse dentaire, pour recouvrir des fils télégraphiques, des câbles sous-marins, etc.

Le celluloid⁴⁰² présente selon lui une résistance assez longue, mais il finit par gonfler et se détacher. Le paragraphe consacré à l'« Innocuité de l'aluminium employé dans les industries d'alimentation » est le moins convaincant. A. Trillat y fait référence à un article récent paru « dans une Revue », sans préciser laquelle, ni le nom et la qualité de l'auteur. Son argumentation reste très générale – « l'aluminium se trouve extrêmement répandu dans la nature », et de citer des travaux sur la présence de l'alumine dans les végétaux, le vin et la bière –, rapide parfois, alors que l'on s'attendrait à ce que les travaux soient cités précisément – « certaines expériences tendent même à démontrer que la présence d'aluminium est nécessaire à la constitution de la cellule... ». Comme E. E. Smith et J. H. Burn, son texte quitte le champ scientifique quand il se réfère aux situations américaine, allemande et autrichienne où la casserole en aluminium a gagné « toutes les classes de la société ». Le propos se poursuit par des références aux statistiques d'hygiène qui ne signalent aucun cas d'empoisonnement par l'aluminium, à l'inverse du cuivre, est-il précisé, dont la littérature abonde en récits d'accidents, aux travaux du Conseil d'hygiène et de salubrité et de la Commission permanente pour la répression des fraudes, le premier ne s'étant « jamais préoccupé d'accidents dus à l'aluminium » et le second ayant « autorisé la coloration des bonbons avec de la poudre l'aluminium ». A. Trillat mentionne en revanche le problème de l'alun ajouté au pain et au vin, et qu'il précise être de l'alun de potasse, la toxicité étant liée à la présence du potassium et non de l'aluminium. La partie sur les applications aborde particulièrement le cas de la brasserie, sur lequel A. Trillat travaille depuis plusieurs années, et où il s'appuie sur les travaux d'un autre scientifique, l'Anglais Alfred Chaston Chapman. La référence n'est pas anodine : Chapman est l'un des premiers chimistes-conseils anglais à s'être établi de façon indépendante⁴⁰³, et a travaillé en particulier pour les brasseurs. Il a publié plusieurs ouvrages et ses travaux ont été particulièrement relayés par la presse professionnelle brassicole. A. Trillat souligne le bon comportement de la fermentation dans les cuves en aluminium ; il insiste sur les modes de mise en œuvre du métal – le polissage notamment – et de construction des cuves pour obtenir les meilleures garanties de réussite. Enfin, il termine par un rapide propos sur les autres industries pour lesquels il poursuit des essais : distillerie, laiterie, fromagerie et vinification. Deux réserves sont émises mais qui ne sont en rien liées avec un possible risque toxique. Il s'agit de la conservation prolongée du vin dans des fûts en aluminium, déconseillée car le métal provoque la précipitation du tanin, et de l'usage des bidons en aluminium pour le transport du lait jugés peu résistants aux chocs, sans que

⁴⁰² Le celluloid est obtenu par un mélange de cellulose nitrique et de camphre.

⁴⁰³ La biographie de Chapman publiée par la revue *Analyst* à l'occasion de son décès est extrêmement explicite. *Analyst*, vol. 57, n° 681, décembre 1932, p. 745-749.

toutefois il ne précise le mode de fabrication des bidons ni l'épaisseur des tôles. Le large usage des bidons de lait pendant la Seconde Guerre mondiale semble avoir démenti ce point de vue.

Trillat présente son texte devant la Société pour l'encouragement de l'industrie nationale, un public certes de personnes averties, issues du monde industriel, mais pour lequel il devait faire un effort de vulgarisation⁴⁰⁴. On ne peut donc attendre de son texte la rigueur d'une communication scientifique devant ses pairs ; cependant nous n'avons retrouvé aucune publication de lui sur ce sujet dans des revues scientifiques. Le tableau synoptique de ses travaux produit en 1933 rend compte de sa carrière tout à fait prolifique et très honorable, sans que soit fait allusion à ses travaux sur l'aluminium. A. Trillat résume lui-même très pertinemment son apport : « la vulgarisation de ces résultats a grandement contribué à faire adopter l'aluminium dans l'industrie alimentaire qui est un de ses principaux débouchés ». Il communique encore à deux autres reprises sur ce thème, reprenant d'ailleurs des passages entiers du texte de 1915 : dans le *Bulletin* de la SEIN en 1921, à l'occasion d'une semaine consacrée à l'industrie de l'aluminium par cette organisation avec publication des conférences, et dans la *Revue de l'aluminium* en 1924.

Cette situation contraste fortement avec le cas américain, car A. Trillat, chimiste, ne collabore avec aucun médecin pour mener des essais cliniques et reste sur les aspects métallurgiques. Elle se rapprocherait plutôt de la situation anglaise, où les chimistes sont en rivalité avec les médecins. Il ne fait d'essais ni sur des animaux ni sur des humains. Le problème de la collaboration de l'Institut Pasteur avec le monde industriel et des conditions dans lesquelles celle-ci pouvait être menée se pose néanmoins.

Chimiste-conseil auprès des entreprises

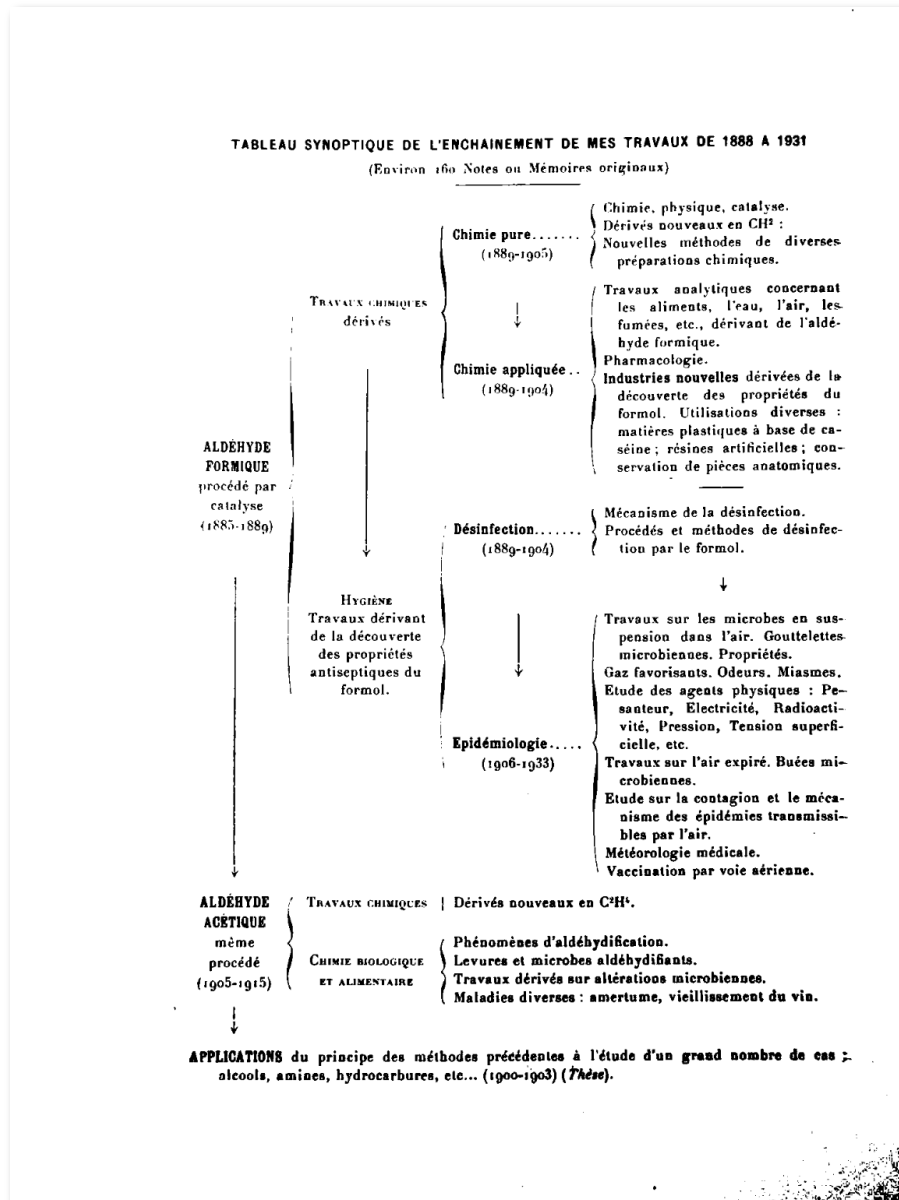
A. Trillat définissait ainsi son activité en 1924 : « A côté des travaux scientifiques dont la nature et l'enchaînement sont exposés dans la Notice principale, je me suis occupé depuis plus de 40 ans à divers titres : ingénieur, chimiste, administrateur et fondateur de Sociétés, d'appliquer dans l'industrie les propres découvertes de laboratoire, réalisant ainsi moi-même la liaison de la théorie à la pratique⁴⁰⁵ ». Il a donc travaillé comme chercheur à l'Institut Pasteur, comme chimiste-conseil pour l'industrie et industriel pour son propre compte. Ses

⁴⁰⁴ Cf. Serge Benoît, Gérard Emptoz et Denis Woronoff (dir.), *Encourager l'innovation en France et en Europe. Autour du bicentenaire de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, Paris, Éditions du CTHS, 2006.

⁴⁰⁵ Auguste Trillat, *Notice complémentaire concernant les titres de M. Trillat. Sciences appliquées à l'industrie*, Laval, Imprimerie Barnéoud, 1924, p. 3.

missions d'expertises n'étaient pas simplement ponctuelles : il a été attaché à la société allemande Fabwerke Meister Lucius pendant 13 ans et lui a vendu une licence de son brevet de fabrication du formol, de même a-t-il collaboré avec l'industrie de l'aluminium pendant au moins vingt années.

Fig. 5. Tableau synoptique de l'enchaînement des travaux d'Auguste Trillat, 1933.



Source : *Notice sur les titres et travaux de M. A. Trillat*, Laval, Imprimerie Barnéoud, 1933, p. 2.

Enfin Trillat est encore un scientifique ambivalent, dont les apports en prophylaxie sont très importants et reconnus, tandis que sont restées secrètes ses recherches menées dans le cadre

militaire pour la production d'agents pathogènes à des fins de destruction massive⁴⁰⁶. Celles-ci, amorcées pendant la Première Guerre mondiale, se sont poursuivies dans le cadre d'un programme auquel il a contribué jusque dans les années 1930. Si Trillat représente « une figure de la dualité morale [...] dans le rapport entre science et guerre », cette figure est rendue encore plus complexe par son rapport à l'industrie, au point où l'on peut émettre l'hypothèse d'un « patriotisme industriel » de même ordre que le « patriotisme scientifique⁴⁰⁷ ».

5.2. L'institut Pasteur et l'industrie

Peu de travaux abordent la question des relations de l'Institut Pasteur avec les entreprises industrielles⁴⁰⁸, exception faite des entreprises pharmaceutiques, abordées dans l'ouvrage de Michel Morange⁴⁰⁹. Nous n'avons pas non plus trouvé de documents relatifs à ce sujet dans les archives de l'Institut. Les industriels semblent même absents du théâtre pastorien dessiné par Bruno Latour. Fondé grâce au succès d'une souscription publique, l'Institut a pourtant peiné à assurer son financement durablement, et n'a pas toujours su clarifier sa relation, ni celle de ses chercheurs, avec l'industrie. Les rapports réussis de Louis Pasteur avec l'industrie s'expliquent par son refus de distinguer sciences pures et sciences appliquées, et s'illustrent par des apports scientifiques fondamentaux menés en réponse aux problèmes des industriels⁴¹⁰. Reste que le financement de ces recherches est compliqué : en tant que chercheur, Pasteur a œuvré auprès de Victor Duruy, ministre de l'Instruction publique, pour obtenir des fonds, en refusant l'aide personnelle de l'Empereur. Il a affirmé fortement cette position, défendant ainsi l'autonomie de la science⁴¹¹ et a abouti à la création, en 1888, de l'institut Pasteur, grâce à une vaste souscription. En revanche, les quelques tentatives d'exploitation industrielle ou commerciale de ses brevets ne furent pas des réussites⁴¹².

⁴⁰⁶ Etienne Aucouturier, *op. cit.* Patrice Binder et Olivier Lepick, *Les Armes biologiques*, Paris, PUF, 2001, p. 46-47.

⁴⁰⁷ Everett Mendelsohn, « Science, scientists, and the military », in John Krige et Dominique Pestre (éd.), *Companion to science in the twentieth century*, Londres – New York, Routledge, 2003, p. 175-203.

⁴⁰⁸ L'ouvrage de Claire Salomon-Bayet, très solide par ses analyses, n'aborde pas cette question, ni celui de Bruno Latour. Claire Salomon-Bayet, *Pasteur et la Révolution pastoriennne*, Paris, Payot, 1986. Bruno Latour, *Pasteur : guerre et paix des microbes*, Paris, La Découverte, 2001.

⁴⁰⁹ Michel Morange (dir.), *L'Institut Pasteur. Contribution à son histoire*, Paris, La Découverte, 1991.

⁴¹⁰ Guillaume Carnino, « Louis Pasteur. La science pure au service de l'industrie », *Le Mouvement social*, 2014/3, n° 248, p. 9-26.

⁴¹¹ *Ibid.*

⁴¹² Jonathan Liebenau et Michael Robson, « L'Institut Pasteur et l'industrie pharmaceutique », in Michel Morange (dir.), *L'Institut Pasteur. Contribution à son histoire, op. cit.*, p. 52-61.

Des rapports à l'industrie ambigus

L'histoire de l'Institut commence par une période héroïque⁴¹³, de sa création en 1888 jusqu'à la Première Guerre mondiale, sous les directions successives de Louis Pasteur, Émile Duclaux et Émile Roux. À l'« âge d'or » de l'institut, il règne un équilibre entre recherche fondamentale et recherche appliquée. La seconde période, de 1914 à 1940, est plus ambiguë : les pertes humaines liées à la guerre et la situation économique rendent l'activité difficile. Celle-ci se caractérise par un recul de la recherche fondamentale et une orientation vers le secteur médical, avec des succès notables dont le BCG, mais l'Institut reste à l'écart de la révolution biochimique de l'entre-deux-guerres. C'est dans ce contexte qu'il faut replacer le travail d'Auguste Trillat, à cheval sur deux périodes, et il n'est pas le seul au sein de l'Institut Pasteur. Ainsi Michel Macheboeuf⁴¹⁴, médecin biochimiste, spécialiste de la tuberculose, oriente ses travaux sur les problèmes d'alimentation pendant la Seconde Guerre mondiale et il est nommé directeur du Service de chimie biologique de l'Institut Pasteur à Paris en 1942. Il est aussi, à partir de 1931 et jusque 1950, professeur à l'École technique de l'alimentation et de la Conserve, puis à l'École technique de conserve inaugurée en 1937, une école professionnelle financée par les industriels de ce secteur. Il y donne non seulement des cours de biochimie générale où il insiste sur la corrosion du fer-blanc et la toxicité du plomb en particulier⁴¹⁵, mais il participe aussi à la réflexion sur l'enseignement professionnel dans ce secteur et sur les procédés techniques⁴¹⁶. Il en est directeur de 1933 à 1936, date à laquelle il est nommé professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Lille. Autre personnalité scientifique très impliquée dans le monde industriel, Edouard Pozerski de Pomiane⁴¹⁷ est aussi un médecin biologiste, diplômé de la faculté de médecine de Paris. Entré à l'Institut Pasteur comme préparateur au service de physiologie en 1901, il en devient chef de service de 1919 à 1943. Professeur à l'Institut scientifique d'hygiène alimentaire de 1921 à 1943, il est surtout connu, sous le pseudonyme de Docteur de Pomiane, pour ses ouvrages de vulgarisation dans le domaine de l'hygiène alimentaire. Il rencontre un réel succès avec ses conférences de vulgarisation scientifique faites sur le salon des arts ménagers et à la TSF afin de convaincre les ménagères d'utiliser les techniques modernes de cuisine, les ustensiles en aluminium⁴¹⁸ ou

⁴¹³ Elie Wollman, « Introduction », in Michel Morange (dir.), *L'Institut Pasteur. Contribution...*, *op. cit.*, p. 105-107.

⁴¹⁴ <http://www.pasteur.fr/infosci/archives/f-bio.html>.

⁴¹⁵ Archives Institut Pasteur, Michel Macheboeuf (1900-1953), fonds d'archives FR AIP MCH, MCH 5.

⁴¹⁶ Archives Institut Pasteur, fonds MCH 10.

⁴¹⁷ <http://www.pasteur.fr/infosci/archives/f-bio.html>. Edouard Pozerski de Pomiane (1875-1964), fonds d'archives FR AIP POZ.

⁴¹⁸ Florence Hachez-Leroy, « Polémique autour d'un nouveau matériau : l'aluminium dans la cuisine XIX^e-XX^e siècles », *op. cit.* Alain Drouard, Jean-Pierre Williot (dir.), *Histoire des innovations alimentaires*, *op. cit.*

la cuisine au gaz par exemple. Il publie plusieurs ouvrages de cuisine, dont un avec Ginette Mathiot⁴¹⁹.

Les historiens anglais des entreprises Jonathan Liebenau et Michael Robson notent qu'à cette période la structuration de la recherche publique et privée dans ce secteur est très différente selon les pays. En France, l'Institut Pasteur, au début du XX^e siècle, a une large avance sur les entreprises pharmaceutiques, car celles-ci sont caractérisées par une taille modeste et un capital essentiellement familial. Sophie Chauveau confirme cette analyse en soulignant que ces entreprises ont commencé à développer des laboratoires de recherche dans l'entre-deux-guerres, mais que la véritable recherche moderne n'a été construite qu'après la Seconde Guerre mondiale. Dans ce domaine, l'État a joué un rôle de régulation considérable. L'impossibilité de breveter un produit pharmaceutique a été un frein considérable à la recherche⁴²⁰. Il n'a été levé qu'en 1926, avec une réforme qui a simplifié la procédure de reconnaissance des médicaments. La société chimique des usines du Rhône a fait figure d'exception, avec une spécialisation dans les produits pharmaceutiques dérivés de goudron de houille. Mais ses tentatives de développement ne furent pas aisés : alors qu'elle venait de créer, en 1895, un laboratoire bactériologique consacré à la recherche sur les sérums physiologiques et cherchait à travailler en collaboration avec d'autres organismes de recherche, elle a été confrontée à l'hostilité de l'institut Pasteur et a dû renoncer à cette diversification⁴²¹. Elle est parvenue néanmoins à développer le champ des anesthésiants et des désinfectants, mais surtout la production d'acide salicylique et elle a affirmé sa position dans la chimie organique de synthèse. En 1928, l'entreprise a absorbé les Établissements Poulenc Frères, lesquels n'avaient pas réussi à développer significativement leurs capacités de recherche, malgré la création d'un laboratoire en 1899, et s'était lancé dans la production pharmaceutique en rachetant des brevets. Elle constitue ainsi le groupe Rhône-Poulenc.

L'industrie de l'aluminium et Trillat

Côté industrie de l'aluminium, la situation est un peu différente. On constate, dans les premières années de mise en production du procédé Héroult, l'existence de travaux de recherches dans les entreprises privées et dans les laboratoires publics, afin d'améliorer le fonctionnement des cuves d'électrolyse, d'analyser le métal et de mesurer sa pureté, et par là même, déterminer son innocuité pour les usages alimentaires. La structuration de ce secteur,

⁴¹⁹ Ginette Mathiot, *A table avec Edouard de Pomiane*, Paris, Albin Michel, 1975.

⁴²⁰ Jun Sakudo, *Les entreprises de la chimie en France...*, *op. cit.* Cette législation sur les brevets datait de 1844.

⁴²¹ *Ibid.*, p. 134.

amorcée par la création du cartel de L'Aluminium Français (AF) en 1911, poursuivie par la fusion entre les deux plus importants producteurs de métal en 1921, afin de créer le groupe Alais, Frogès et Camargue, future société Pechiney, a influé directement sur la gestion de la recherche et du développement. Muriel Le Roux a souligné l'existence de laboratoires associés aux usines de production d'aluminium françaises avant 1921, sans toutefois qu'il soit donné de statut à la recherche et que celle-ci soit centralisée. Cette idée de centralisation de la recherche émerge à partir de 1918. Pour la transformation, L'AF a créé un laboratoire après la Première Guerre mondiale, dont la vocation était d'être un laboratoire central de recherche et développement ouvert à tous les transformateurs et utilisateurs d'aluminium en France⁴²². Avant cela, la recherche sur les caractéristiques chimiques de l'aluminium est donc partagée entre l'armée et les laboratoires publics dont l'Institut Pasteur. L'amélioration de la qualité du métal s'effectue sur le terrain, cuve par cuve, et toute amélioration est gardée secrète.

Concluant fermement à l'innocuité du métal, A. Trillat a poursuivi durablement sa collaboration avec l'industriel, en particulier pour développer les usages de l'aluminium dans le secteur de la brasserie⁴²³. En 1924, dans un rapide article paru dans la *Revue de l'aluminium* sur « L'innocuité de l'aluminium dans l'usage alimentaire », il prend de nouveau la défense du métal léger en faisant à la fois référence à ses travaux et aux conclusions d'instances publiques nationales : le Conseil d'Hygiène et de Salubrité et la Commission permanente pour la répression des fraudes du ministère de l'Agriculture. La proximité de l'Institut Pasteur avec un industriel, en l'occurrence une entreprise d'aluminium, n'est pas un cas unique : on note, à cette époque, une situation similaire avec les industriels de la conserve. La caution scientifique de l'Institut Pasteur, après celle de l'armée dans les années 1890, aurait donc conduit, en France, à calmer toute tentative critique et à éviter les polémiques associées. Dans les années 1930, le célèbre Salon des Arts ménagers parisien témoigne du succès grandissant de l'aluminium dans les ustensiles de cuisine et l'électroménager. Le métal semble avoir bel et bien trouvé son marché⁴²⁴ et gagné la confiance des consommateurs. Du côté des industriels en tout cas, la préoccupation de santé publique devient de moins en moins présente dans les discours.

En effet, les publications de L'AF des années 1930 reflètent très bien cet optimisme affiché. Qu'il s'agisse des articles publiés dans la *Revue de l'aluminium*, ou de l'édition de 1937 de

⁴²² Florence Hachez-Leroy, *L'Aluminium Français...*, *op. cit.* Muriel Le Roux, *Un siècle de recherche...*, *op. cit.*

⁴²³ Auguste Trillat, « Emploi de l'aluminium dans les industries de fermentation », *Bulletin de la Société d'encouragement à l'Industrie nationale*, mai-juin 1915 ; « Sur les emplois de l'aluminium dans les industries d'alimentation », *Bulletin de la Société d'encouragement*, octobre 1921.

⁴²⁴ Florence Hachez-Leroy, *L'Aluminium français...*, *op. cit.* ; Florence Hachez-Leroy, « Polémique autour d'un nouveau matériau... », *op. cit.*

*L'aluminium et ses alliages*⁴²⁵ qui consacre une dizaine de pages aux usages alimentaires, les affirmations y sont sans nuance et erronées au regard de la réalité des travaux scientifiques internationaux. L'AF affirme ainsi :

« L'aluminium ne peut, ni par lui-même, ni par les produits auxquels il donne éventuellement naissance, causer des troubles dans l'organisme et si la bibliographie des accidents dus à l'usage du cuivre est considérable, on n'a jamais relevé d'accidents d'intoxication à la charge de l'aluminium⁴²⁶. »

Or, aux États-Unis comme au Royaume-Uni, des travaux suggèrent l'inverse depuis plus de 30 ans, et il y a quand même eu, en France, les travaux de Schaeffer à l'université de Strasbourg. L'AF justifie son propos par des références officielles : J. H. Burn au Royaume-Uni, Kohn-Abrest à Paris, le Bureau d'hygiène de l'État allemand et le Conseil supérieur d'hygiène de France, les travaux du Mellon Institute of Industrial Research (financé par l'industriel Alcoa depuis 1926), et A. Trillat à l'Institut Pasteur. Leur crédibilité, nous l'avons vu, est toute relative.

5.3. L'influence française au sein du Bureau de l'aluminium

Industrie oligopolistique, caractérisée très tôt par le recours aux cartels et les positions dominantes, l'industrie européenne de l'aluminium dans l'entre-deux-guerres est puissante par son organisation, son contrôle des marchés, sa capacité en recherche et développement et ses actions de communication. Ce dernier domaine a été structuré par la création, en 1933, du Bureau international des applications de l'aluminium (BIA), dont le siège est établi à Paris, dans les locaux de L'AF. Dans le domaine de l'alimentaire, le BIA a publié en 1935 une « brochure » de 140 pages : *L'aluminium dans les industries chimiques et alimentaires*⁴²⁷. Construite en huit chapitres, cette brochure vise à faire un point sur les réalisations industrielles, en traitant à la fois du comportement du métal au contact d'une liste impressionnante de substances, des techniques de traitement de surface, de transformation et d'assemblage, et de l'entretien. Pourvue de belles illustrations, elle est à la fois attractive et sérieuse, « rédigée sous les auspices du Bureau international des applications de l'aluminium

⁴²⁵ *L'aluminium et ses alliages*, Paris, Éditions de L'Aluminium français, 1937.

⁴²⁶ *Ibid.*, p. 102.

⁴²⁷ Bureau international des applications de l'aluminium, *L'aluminium dans les industries chimiques et alimentaires*, Paris, Riss-Publicité, 1935.

par une commission d'ingénieurs » représentant quatre producteurs européens⁴²⁸, français, anglais, suisse et allemand. Dès le premier chapitre, l'innocuité du métal est affirmée clairement : « ses sels sont incolores et non toxiques ». Présenté comme le résultat des travaux des praticiens, l'ouvrage ne comporte qu'une seule référence en note de bas de page et ne mentionne que les articles des revues professionnelles des quatre sociétés impliquées dans la brochure, lesquels sont consacrés aux méthodes d'essai de la résistance chimique de l'aluminium⁴²⁹. Aucune référence bibliographique à des travaux scientifiques reconnus ne figure. Mais l'affirmation de la preuve par l'exemple, ou l'application réussie, est reprise tout au long des chapitres :

« Les informations contenues dans ce chapitre, sur la tenue de l'aluminium à un certain nombre de produits chimiques, correspondent tant aux résultats des essais effectués en pratique dans les industries intéressées, qu'aux résultats d'études systématiques entreprises par les producteurs d'aluminium dans leurs laboratoires. Les expériences ont toujours été conduites dans des conditions se rapprochant le plus possible des conditions pratiques. »⁴³⁰

ou encore

« Bien que les résultats figurant dans ce qui suit proviennent pour la plupart d'applications sur une échelle industrielle, et aient de ce fait une excellente valeur indicative, il ne faut pas oublier qu'ils correspondent à des conditions d'utilisation bien déterminées. »⁴³¹

Les mises en garde concernent les nouvelles applications, pour lesquelles la brochure recommande de se tourner au préalable vers les producteurs pour en évaluer la faisabilité, et l'entretien, pour lequel une liste de substances déconseillées est donnée. Enfin, le propos insiste à plusieurs reprises sur trois techniques de traitement de surface du métal, capables de limiter les risques de corrosion : le renforcement de la couche d'oxyde par oxydation anodique ou par le procédé modifié Bauer-Vogel (MBV), le plaquage avec de l'aluminium haute pureté et la peinture.

En 1941, la brochure est rééditée après correction par L'AF seul cette fois. En pleine guerre, cette démarche peut paraître étonnante : elle se justifie par le fait que, en situation de pénurie

⁴²⁸ Aluminium français (France), Aluminium Industrie A. G., Neuhausen (Suisse), British Aluminium Co Ltd (Angleterre) et Vereinigte Aluminium Werke (Allemagne). Le rapporteur était le Dr Hans Bohner.

⁴²⁹ Il s'agit de : *Revue de l'aluminium*, *Metallwirtschaft*, *The Metal Industry* et *Schweizerische Technische Zeitschrift*.

⁴³⁰ *L'aluminium dans les industries chimiques et alimentaires*, 1935, *op. cit.*, p. 29.

⁴³¹ *Ibid.*

de certains métaux comme le cuivre, il est important d'informer et de former aux caractéristiques de ce métal les industriels susceptibles de recourir à l'aluminium comme métal de substitution. La production d'aluminium primaire est située en zone libre, dans les Alpes et les Pyrénées, mais elle est contrôlée par les autorités allemandes. Enfin, le recyclage de l'aluminium et la fusion d'objets aux alliages divers font courir le risque de production de métal de piètre qualité, avec des caractéristiques physiques et mécaniques non maîtrisées.

Si la structure de l'ouvrage est quasi la même, on note cependant une beaucoup plus grande précision dans les données techniques et une description longue des procédures de contrôle de la corrosion qui permet à chacun d'y recourir. L'intention procède d'une volonté des industriels de l'aluminium de s'imposer dans le champ de cette expertise. Le paragraphe est assorti d'une note de bas de page explicite « Méthode standard d'essai de corrosion des producteurs européens d'aluminium⁴³² ». Le propos relatif aux critiques contre l'usage de l'aluminium dans les applications alimentaires est plus catégorique :

« Il a pourtant été publié des écrits relatifs à une prétendue toxicité des sels d'aluminium formés par l'attaque des matières alimentaires ; certains auteurs ont pensé pouvoir attribuer à l'aluminium les causes de malaises divers et ont proposé d'admettre que la dissolution de quantités extrêmement minimes d'aluminium lors de la préparation des matières alimentaires ou de la cuisson dans le métal léger pouvait être nuisible à la santé. Des études ont été immédiatement entreprises non pas seulement par les producteurs d'aluminium mais surtout par les services d'hygiène et des laboratoires qualifiés dans de nombreux pays. Les résultats en ont été publiés et, s'appuyant sur l'autorité des personnalités dont les travaux ne pouvaient en aucun cas faire l'objet de discussions, les Ministères d'Hygiène tant en France que dans plusieurs grands pays étrangers ont décrété l'absolue innocuité des sels d'aluminium dans des proportions où ceux-ci pouvaient pénétrer dans l'organisme par suite de la cuisson des aliments dans ce métal. »⁴³³

Le propos n'est pas totalement faux, mais il est biaisé : aucune précision sur les dates des rapports et la nature exacte des conclusions ; quant aux « personnalités », là encore la mise en œuvre de leur travaux, des instruments et des méthodes d'analyse est pourtant sujette à discussion, comme dans le cas du Pr Remsen.

⁴³² *L'aluminium dans les industries chimiques et alimentaires*, seconde édition revue et corrigée, Paris, Éditions de L'Aluminium Français, 1941, p. 13.

⁴³³ *Ibid.*, p. 128-129.

Les révolutions chimique et électrochimique ont eu des répercussions profondes sur l'alimentation humaine. Qu'il s'agisse de l'apparition de substances alimentaires ou de matériaux nouveaux, dans les deux cas elles ont conduit à des pratiques et des produits inédits. L'étude des controverses scientifiques et des débats publics qui les ont accompagnés a été privilégiée, en parallèle avec l'état de la science dans le domaine de la chimie organique et de la toxicologie. La standardisation des protocoles d'essais n'est pas encore de mise à cette période, ce qui rend difficile la comparaison et l'interprétation des résultats. Les instruments scientifiques et les méthodes d'analyse sont en constante évolution et l'instabilité qui en découle participe des incertitudes de la science.

Néanmoins, la mise en œuvre industrielle des produits élaborés en laboratoire est difficile à cerner dans le temps et quantitativement, car les substances sont nombreuses, leurs propriétés sont diverses et les quantités utilisées parfois infinitésimales. La difficile appréhension du poids des additifs dans l'alimentation et de leurs effets possibles est visible dans la littérature scientifique de cette période. Si les progrès de la connaissance scientifique sont réels, les incertitudes exprimées nourrissent le camp des partisans du laisser-faire dans l'industrie et de la moindre régulation possible. Il faut beaucoup de constance et de ténacité à une partie des scientifiques pour tenir bon contre les industriels et obtenir des politiques qu'ils légifèrent dans le sens d'une plus grande protection des consommateurs.

Le cas de l'aluminium illustre ici un jeu d'acteurs complexe par pays, entre les partisans et les critiques de l'aluminium, dans un contexte général de régulation de l'industrie agroalimentaire. L'aluminium peut être mis en œuvre sous forme d'ustensiles de cuisine ou d'emballages alimentaires – et ceux-ci peuvent entraîner un risque de contamination des aliments par contact – et sous forme d'additifs, avec également des risques de toxicité. Il ne bénéficie pas d'une tradition d'usage, comme le fer ou le cuivre, mais il n'est pas non plus utilisé empiriquement dans l'art des poisons comme le cuivre ou le plomb. *In fine*, les caractéristiques chimiques de l'aluminium sous forme métallique lui donnent un net avantage sur ses matériaux concurrents, même si son emploi n'est pas sans inconvénient. Cette opinion semble avoir prévalu largement en France, au point où l'étude de son innocuité a été un non-sujet des années 1890 à la Seconde Guerre mondiale. Il n'en est pas de même au Royaume-Uni où s'est déroulée une véritable campagne contre les ustensiles en aluminium. Aux États-Unis, ce sont les additifs à base d'aluminium qui ont suscité une controverse scientifique d'une durée sans précédent à l'époque.

De cette période nous retiendrons qu'elle aura vu l'émergence de nouveaux acteurs dans l'industrie et dans le secteur public, les chimistes organiciens, dont le rôle a été essentiel dans les progrès de l'hygiène et du contrôle des denrées. Dans l'industrie alimentaire, et ce sujet reste à creuser, ils ont eu aussi une importance primordiale pour le développement de l'usage des additifs. La conséquence en est l'apparition, au sein des entreprises, d'une nouvelle compétence scientifique, avec des moyens qui ont permis aux chercheurs de mener leurs propres travaux et de dépasser la recherche publique dans certains domaines. La présence des industriels dans les comités d'étude publics ou les associations scientifiques doit donc être analysée avec prudence : certains y figurent afin d'y pratiquer un lobbying purement intéressé, avec des arguments scientifiques qui peuvent être tronqués ; d'autres ont de réelles compétences qui justifient leur présence aux côtés d'autres experts.

Le rôle des scientifiques au sein des institutions publiques est tout aussi ambivalent : l'analyse des parcours individuels montre à quel point les situations peuvent être complexes, ambiguës et difficiles à analyser. Accepter d'être financé par une entreprise suffit-il à disqualifier les travaux menés ? Le cas de l'Institut Pasteur, comme du Mellon Institute, soulève bien des questionnements de ce point de vue. La publication d'ouvrages de synthèse dans les mêmes conditions est tout aussi complexe à comprendre.

A la veille de la Seconde Guerre mondiale, on constate en Europe comme aux États-Unis une volonté très majoritaire de réguler plus fortement l'alimentation, et particulièrement l'usage des additifs et des ustensiles alimentaires, avec, le cas échéant, le soutien actif des mouvements de consommateurs. Le conflit armé freine cette régulation, mais accélère à l'inverse l'industrialisation de l'alimentation, dans ses modes tant de préparation que de conservation.

III. LA RÉGULATION DES APPRENTIS SORCIERS :

EMBALLAGES, ADDITIFS ET CONTAMINANTS ALIMENTAIRES,

DE LA FIN DES ANNÉES 1930 À LA FIN DES ANNÉES 1990

« Et parce que ni les employeurs, ni les ouvriers, n'avaient d'expérience préalable dans la fabrication et la manipulation de produits chimiques organiques, des effets secondaires imprévus de toxicité ont commencé à être rencontrés. Cette toxicité n'a pas été voulue ; c'était contreproductif ; c'était un problème parmi d'autres problèmes. Les problèmes devaient être gérés si l'industrie voulait survivre.

Pour gérer un problème, il doit être anticipé, les causes doivent être identifiées et analysées, et les moyens pratiques de surmonter les problèmes doivent être disponibles. Comme moyens pour cette fin, la médecine du travail préventive, la toxicologie industrielle et l'hygiène industrielle sont devenues des outils précieux. »⁴³⁴

John A. Zapp Jr., 1981.

Autre matériau multiforme et devenu incontournable, le plastique gagne le secteur de l'emballage alimentaire avec la Cellophane à partir des années 1930. Grâce aux archives d'entreprises, l'apparition de ce nouveau produit peut être retracée, comme l'aluminium, dès la mise au point des premières applications. La comparaison entre les deux matériaux, à environ 80 ans d'intervalle, permet de souligner les similitudes et les différences. Leur innocuité est ainsi l'un des arguments de vente les plus importants. Le jeu des acteurs est significatif de la montée en puissance à la fois du régulateur et de l'industriel.

⁴³⁴ John A. Zapp Jr., « Industrial Toxicology: Retrospect and Prospect », *op. cit.*, p. 1474.

À partir des années 1930, les progrès de l'agroalimentaire en occident sont remarquables et touchent tous les secteurs de l'alimentation. Ils accompagnent l'essor de la vente, en libre-service, de produits conditionnés individuellement et les mutations d'une société de plus en plus urbanisée où les femmes conquièrent leur droit au travail⁴³⁵. Les habitudes alimentaires changent, les produits proposés aussi : les produits surgelés et lyophilisés font leur apparition et concurrencent la boîte de conserve. Les plats préparés ou préparations culinaires prêtes à cuire entrent désormais dans l'alimentation quotidienne et induisent deux effets importants : l'expansion des emballages et des additifs alimentaires.

Dans ce contexte, le développement de nouvelles substances, en particulier issues des techniques de synthèse, s'accélère fortement dans l'entre-deux-guerres, dans un contexte législatif qui cherche à s'adapter en conséquence, avec plus ou moins de facilité. Les États-Unis sont particulièrement concernés par ce phénomène, au pays du laisser-faire. L'introduction de nouveaux additifs dans l'alimentation, comme de nouveaux matériaux aux procédés de fabrication tout aussi inédits, provoque cependant des interrogations dans le champ scientifique et politique. On observe une sorte de continuité dans ce mouvement entre l'avant et l'après Seconde Guerre mondiale, avec un décalage entre la réalité industrielle et la volonté de régulation.

Passée la guerre, de nouvelles structures internationales sont créées, dont le rôle dans l'alimentation à l'échelle mondiale s'impose progressivement. La régulation concerne non seulement l'usage des matériaux et des additifs, dans un mouvement commun, mais elle impose aussi des techniques d'analyse et des protocoles d'expérimentation standardisés, de façon à progresser dans la connaissance toxicologique. L'ambition est non seulement politique mais aussi scientifique. Elle a pour effet de réduire le nombre d'additifs autorisés. En 1978 pour les colorants, par exemple, la communauté européenne a réduit leur nombre à une vingtaine tandis qu'environ 125 sont encore utilisés dans les pays industrialisés⁴³⁶.

Malgré tous les progrès réalisés dans le domaine de la médecine comme dans celui de la toxicologie industrielle, de nouvelles crises retentissent et affectent l'opinion publique : elles induisent de nouvelles stratégies chez les industriels afin de les anticiper et de les résoudre, comme dans le cas de Du Pont de Nemours.

⁴³⁵ Franck Cochoy, *Aux origines du libre-service*, Progressive Grocer, (1922-1959), Lormont, Éditions Le bord de l'eau, 2014.

⁴³⁶ Commission des Communautés européennes, *Les additifs alimentaires et le consommateur...*, *op. cit.*, p. 35.

1. L'ARRIVÉE DES PLASTIQUES DANS L'EMBALLAGE ALIMENTAIRE

Les États-Unis ont eu un rôle important dans le développement des matières plastiques dès le XIX^e siècle, mais dans une situation de dépendance vis-à-vis de l'Allemagne jusqu'à la Première Guerre mondiale⁴³⁷. La découverte du celluloïd (nitrate de cellulose) par John Wesley Hyatt en 1868 constitue le point de départ de cette histoire sur le sol étatsunien⁴³⁸. Dix-huit sortes de plastiques sont introduites sur son marché entre 1868 et 1939, dont les deux tiers dans les années 1920-1930. L'acétate de cellulose fait partie de cette vague d'innovations, après la bakélite (1909 – phénol-formaldéhyde), et la caséine (1919)⁴³⁹. La vitalité de l'activité de l'entre-deux-guerres signifie aussi que les États-Unis s'affranchissent de la domination allemande dans ce secteur. Ils construisent leurs propres structures de formation, de Recherche et développement et de production dans le domaine de la chimie et plus particulièrement des plastiques. La cellophane⁴⁴⁰ n'est pas apparue comme un type de matériau tout à fait nouveau : elle s'est substituée dans certains emplois aux feuilles de mica, peu souples, dont les feuilles se cassaient facilement. Celles-ci étaient essentiellement utilisées pour des applications électriques, comme isolant. D'autres produits transparents existaient, à base de gélatine, de nitro-cellulose (Pyralin, Celluloïd), ou d'acétate de cellulose (utilisée pour la fabrication de fibres artificielles, de films photographiques ou dans des vernis pour l'aéronautique par exemple) mais dont les usages n'étaient pas ceux de la cellophane. Dans l'emballage souple, la cellophane a fait concurrence à différentes sortes de papiers : sulfurisé, cristal ou paraffiné. La recherche d'une matière plastique transparente est notamment liée au développement des transports automobiles et au besoin de trouver un matériau résistant pour les fenêtres.

L'arrivée de la feuille de cellophane, transparente et souple, marque une rupture dans l'histoire du secteur de l'emballage alimentaire. Inventée en France et développée aux États-Unis dans son application alimentaire par Du Pont, elle a fait l'objet de recherches pour améliorer sa résistance mécanique et ses caractéristiques physiques, mais aussi pour déterminer son innocuité. Du Pont a construit son expertise à l'écart de la recherche publique,

⁴³⁷ Sur la puissance de la chimie allemande voir : Jun Sakudo, *Les entreprises de la chimie en France...*, *op. cit.*

⁴³⁸ Robert Friedel, *Pioneer plastic: The making and selling of celluloid*, Madison University of Wisconsin Press, 1983.

⁴³⁹ The Society of the Plastics Industry Inc., *The Story Of The Plastics Industry*, Twelfth revised edition, New York, 1972. La caséine est une substance protéique constituant la majeure partie des matières azotées du lait. Elle entre dans la fabrication de la galalithe, une matière plastique dure qui permet de fabriquer des objets tels que des étuis, corps de stylos, bijoux, etc.

⁴⁴⁰ La cellophane est obtenue à partir de la cellulose et de la viscosse.

mais a collaboré avec l'administration fédérale, dans une entreprise où la recherche fut très tôt professionnalisée. La réception du nouveau matériau par le consommateur semble avoir été aisée jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, d'autant plus que les méthodes de vente de Du Pont étaient extrêmement neuves et séduisantes. Le contraste est saisissant par rapport au cas de l'aluminium dont le développement dans ce domaine semble avoir été moins maîtrisé. Ces deux matériaux ont néanmoins un point commun : l'argument sanitaire mis en avant par leurs promoteurs. Tandis que l'aluminium est présenté comme le matériau de cuisine inoffensif tant attendu, la cellophane doit permettre de conserver sainement les produits, à l'abri des sources de contamination.

Malgré tout, l'après-guerre ouvre une nouvelle ère dominée par la méfiance de l'opinion publique vis-à-vis des produits chimiques, causée par des accidents successifs mettant en cause médicaments, additifs, maladies professionnelles et pesticides.

1.1. La naissance de la cellophane

Le procédé de fabrication de la cellophane, composée d'hydrate de cellulose, a été mis au point à partir de 1908 par Jacques Edwin Brandenberger. Son usage alimentaire est reconnu en 1912 dans un rapport du conseil supérieur d'hygiène publique de France⁴⁴¹.

Encadré. Jacques Edwin Brandenberger

Jacques Edwin Brandenberger est un ingénieur en textile suisse, directeur de l'usine de la Blanchisserie et teinturerie de Thaon (BTT) depuis 1907⁴⁴², à la recherche d'un nouveau moyen d'imperméabiliser les tissus. Il a bénéficié de la découverte de la viscose, un dérivé de la cellulose, par des chimistes anglais en 1892⁴⁴³. Brandenberger dépose plusieurs brevets entre 1908 et 1911, et il parvient à produire une feuille plastique transparente à partir de 1909, avec le soutien de la Société française de la Viscose⁴⁴⁴, dans un atelier dédié aménagé dans l'usine. Des machines spécifiques sont conçues pour la production en continue des feuilles. Cette production intéresse aussitôt l'industrie cinématographique, Pathé en particulier, mais

⁴⁴¹ Frédéric Bordas, « L'emploi de la « Cellophane » pour envelopper les matières alimentaires », *Annales des falsifications et des fraudes*, Volume 5, 1912, p. 93-95. Les conclusions du rapport sont approuvées le 29 janvier 1912.

⁴⁴² Claude Ferry, *La blanchisserie et teinturerie de Thaon, 1872-1914*, Nancy, Presses Universitaires de Nancy, 1992, p. 111 et suivantes.

⁴⁴³ Il s'agissait de Charles Frederick Cross, Edward John Bevan et Clayton Beadle, *E. I. Du Pont de Nemours & Company, Rayon Department, "Cellophane" Technical Handbook, a Report Covering The Physical And Chemical Properties of Thin Transparent Sheet From Regenerated Cellulose*, Serial Report n° 9-28, October 1941.

⁴⁴⁴ La société française de la Viscose a été créée en 1903. Claude Ferry, *op. cit.*, p. 112.

les ventes sont difficiles, au point que la cession de l'activité est envisagée à partir de 1909, car jugée trop loin de la production textile. En 1912⁴⁴⁵, la pellicule cellulosique est dénommée « cellophane », à partir de « cello » pour cellulose et « phaneros » qui signifie « rendre visible » en grec ancien, et le nom est déposé en France, en Allemagne, en Russie, en Angleterre et aux États-Unis. En 1912 aussi, un accord est signé entre la BTT et le Comptoir des textiles artificiels (CTA)⁴⁴⁶, lequel récupère les droits de production de la cellophane, et crée en 1913 la compagnie « La Cellophane ». Le CTA est créé en 1911 pour assurer la vente des articles « viscose », notamment par des industriels impliqués dans la soierie lyonnaise⁴⁴⁷. Brandenberger ouvre à Paris un magasin d'exposition et de vente de la cellophane, où le matériau, vu comme un produit de luxe, emballait des flacons de parfum tout aussi luxueux. La production a lieu initialement dans l'atelier de Thaon, puis une nouvelle usine démarre en 1916 à Bezons⁴⁴⁸ : la feuille de cellophane est utilisée pour la fabrication des oculaires de masques à gaz. La Compagnie La Cellophane a eu deux usines de production à Bezons et à Mantes, près de Paris⁴⁴⁹.

En 1920, J. Brandenberger s'est rendu aux États-Unis pour vendre son procédé de fabrication de la rayonne. En 1923, il a tenté de trouver acquéreur pour le procédé de fabrication de la cellophane, en allant de nouveau sur place, accompagné d'Alfred Bernheim et d'Edmond Gillet (fils de Joseph). Les contacts sont pris avec le vice-président à la production de Du Pont, le colonel William C. Spruance, et un contrat est signé pour donner l'exclusivité des droits à Du Pont, en échange d'une participation de 50 % du capital de la filiale Du Pont Cellophane Company créée par l'entreprise américaine. Les brevets et concessions accordés par les Français en Europe et aux États-Unis ont formé une immense toile d'accords réciproques de non concurrence au centre de laquelle se trouvait le Comptoir des textiles artificiels, vu, en

⁴⁴⁵ Brevet d'invention déposé par Jacques-Edwin Brandenberger, n°451.485, *Cellophane destiné à contenir des matières grasses*, demandé le 13 février 1912, délivré le 14 février 1913.

⁴⁴⁶ Jacqueline McGlade, « Business as (Un)Usual: DuPont, Comptoir des Textiles Artificiels and the Post First World War Internationalization of the Synthetic Products Industry », in Andrew Smith, Kevin D Tennent, Simon Mollan, *The Impact of the First World War on International Business*, Londres, Routledge, 2017.

⁴⁴⁷ On y trouvait la société de la Soierie artificielle d'Izieux, filiale du groupe Gillet de Lyon, avec deux figures lyonnaises emblématiques, Alfred Bernheim et Joseph Gillet, la Société française de la viscose et la Société ardéchoise pour la fabrication de la soie viscose (groupe Carnot). Claude Ferry, *La blanchisserie et teinturerie de Thaon...*, *op. cit.* ; Michel Laferrère, *Lyon, Ville industrielle. Essai d'une géographie urbaine des techniques et des entreprises*, Paris, PUF, 1960 ; Jean-Marie Michel, *Contribution à l'histoire industrielle des polymères en France*, Société chimique de France, sd., non publié. Hervé Joly, *Les Gillet de Lyon. Fortunes d'une grande dynastie industrielle (1838-2015)*, Paris, Droz, 2015.

⁴⁴⁸ C. Ferry mentionne 1916, Jean-Marie Michel écrit 1915.

⁴⁴⁹ Jean-Marie Michel, *Contribution à l'histoire industrielle des polymères...*, *op. cit.* Voir le volume d'annexes, p. 78-79.

1932, comme « one of a complex polyglot group of European rayon interest »⁴⁵⁰. Cet aspect est important pour saisir les conditions exceptionnelles de développement de la cellophane comme emballage alimentaire aux États-Unis, dans un cadre très peu concurrentiel, et dominé par une situation de monopole national et d'entente internationale. Cette situation est tout à fait différente pour une autre application de la cellophane, le film cinématographique, où la concurrence a été beaucoup plus forte⁴⁵¹.

La mise en œuvre du procédé démarre dans l'usine de Buffalo au printemps 1924, de façon épique⁴⁵², tant il est difficile de trouver un mode opératoire satisfaisant, dans un contexte technique et climatique très différent de la France. Des kilomètres de cellophane sont produits et gâchés avant de trouver comment fabriquer en continu une feuille résistante et homogène dans sa structure et son apparence. La présence de l'équipe française, dont Brandenberger lui-même, contribue à la glorification de l'aventure industrielle, au point que l'on trouve le qualificatif de « Frenchified affair » pour caractériser cette période sous influence française :

« Non seulement les ingénieurs étaient majoritairement français, non seulement les premières machines étaient importées directement de France, mais l'influence française s'étendait même à l'organisation commerciale en la personne de l'élégant Jacques Piani, l'un des premiers vendeurs de cellophane de Du Pont, avec ses guêtres et ses jaquettes parisiennes.⁴⁵³ »

La France est considérée comme un modèle à suivre dans le domaine de l'emballage⁴⁵⁴, et c'est ce type d'usage qui est privilégié par l'équipe américaine : emballage de produits secs et humides, alimentaires ou non. Cet usage a été validé au niveau fédéral par un rapport du Department of Agriculture en 1912⁴⁵⁵. Comme pour l'aluminium aux États-Unis 30 ans environ avant, il s'agit de créer un nouveau marché : trouver d'éventuels utilisateurs, trouver de nouveaux usages, convaincre de l'utilité d'un emballage souple et transparent⁴⁵⁶.

Le gain en termes d'hygiène est l'argument le plus valorisé : en emballant les vêtements des bébés dans une poche de cellophane pour leur vente, on préserve l'enfant d'éventuelles souillures. Il en est de même pour les boulangers qui mettent en vente muffins et autres

⁴⁵⁰ Du Pont Cellophane Co., « Just About All About cellophane », *Salesmens' Bulletin*, Feb./March 1932, p. 74-102. Jacqueline McGlade, « Business as (Un)Usual... », art. cit.

⁴⁵¹ Stéphanie Salmon, *Pathé. A la conquête du cinéma 1896-1929*, Paris, Tallandier, 2014.

⁴⁵² 25 ans plus tard, lors de l'anniversaire de la Cellophane commémoré par Du Pont, un dessin satirique a très bien rendu compte de cette atmosphère. Voir volume d'annexes, p. 81-82.

⁴⁵³ Du Pont Cellophane Co., « Just About All About cellophane », *op. cit.* p. 75.

⁴⁵⁴ Le *Salesmen's Bulletin* de 1924 comporte des références explicites au marché français. Voir documents dans le volume d'annexes.

⁴⁵⁵ American Chemical Society, Volume 6, p. 2469.

⁴⁵⁶ Franck Cochoy, *Une sociologie du packaging ou l'âne de Buridan face au marché*, Paris, Presses Universitaires de France, 2002.

viennoiseries : le produit bénéficie d'une protection efficace hors de portée des mains des consommateurs, et à l'abri de l'air. La boucherie, où la vente à la découpe commence à se développer en même temps que le self service, trouve un avantage évident à proposer un produit parfaitement visible par le consommateur⁴⁵⁷. Le problème de l'innocuité de la cellophane se pose donc dès l'origine de sa mise au point, et la Du Pont Cellophane Co. est seule confrontée au problème dans la mesure où elle innove dans ce domaine, au gré des conquêtes de ses six voyageurs de commerce, chargés de trouver des clients⁴⁵⁸. Il est fait mention du laboratoire de recherche dès 1924⁴⁵⁹, pour surmonter un obstacle technique important.

THE SATURDAY EVENING POST

FOODS IN "CELLOPHANE" SUGGEST TEMPTING DISHES



"WHAT AN EASY WAY TO GET MENU IDEAS!"

THERE ARE two eyes in "idea"—when it's a menu idea. Your two eyes. When you shop today, notice how much easier it is to plan meals by looking at the almost countless foods in transparent Cellophane. Most grocers make special displays of things wrapped in Cellophane cellulose film—so you can see what's good, what's new, what's different. Just stop and look. You'll find ideas for tasty dishes from soup to dessert—all ready to pick up and carry home. And remember, too, the Cellophane wrap keeps food fresh and clean. It safeguards your health, befriends your appetite, and lets you see while you buy.

FREE FOLDER... WRITE TODAY!

How to make your gifts beautiful, glamorous, exciting. Suggestions for great variety of colorful, sparkling wraps, including volume and Cellophane. The secret of putting personality into gift wrapping. Full of ideas. Absolutely free—and no money order good only in U.S.A. Just write: The Post, Dept. 1642, 510 Fifth Ave., New York City.

Cellophane TRADE MARK

DUPONT

"Cellophane" is the registered trademark of E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc.

Fig. 6. « Les aliments en cellophane suggèrent des plats tentants »

Les publicités pour la cellophane cible une clientèle féminine et moderne dont les habitudes de consommation ont évolué vers le libre service. *The Saturday Evening Post*, 1936.

⁴⁵⁷ Roger Horowitz, *Putting Meat on the American Table...*, op. cit.

⁴⁵⁸ Du Pont Cellophane Co., « Just About All About cellophane », *Salesmens' Bulletin*, op. cit., p. 74-102.

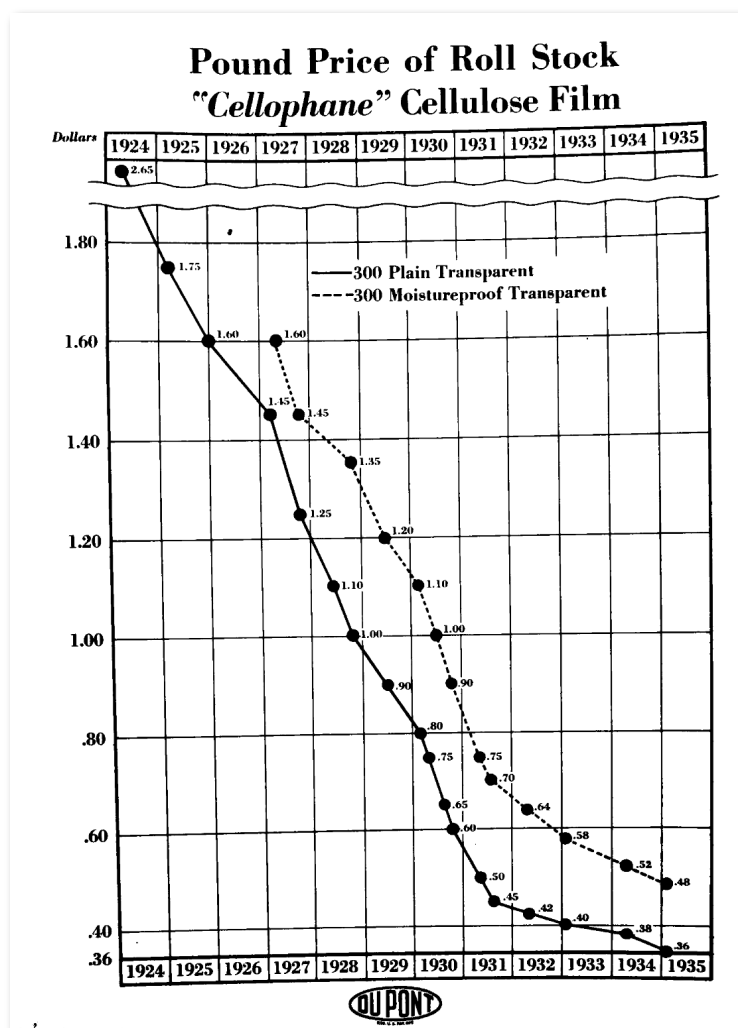
⁴⁵⁹ David Hounshell & John Kenly Smith, *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980*, New York, Cambridge University Press, 1988, p. 175.

La rapide déshydratation des aliments frais emballés sous cellophane est le premier problème à résoudre pour conquérir le marché des boulangers et pâtisseries. Les cookies emballés sous cellophane se dessèchent si vite qu'ils deviennent impropres à la consommation. Ce problème conduit Du Pont à développer rapidement et intensivement des recherches pour mettre au point un nouveau produit, dont la fabrication commence en 1927, la cellophane étanche⁴⁶⁰. Ce nouveau produit, immédiatement breveté, permet à Du Pont de conforter durablement son monopole au moment où le brevet Brandenberger doit tomber dans le domaine public. La stratégie commerciale retenue est de vendre cette nouvelle cellophane à un prix légèrement supérieur à la précédente, de façon à la substituer sans à-coups afin d'obtenir des économies d'échelle et de gamme⁴⁶¹. En 1924, la cellophane pure est vendue à 2,65 \$ le rouleau. En 1927 elle est descendue à 1,45 \$, tandis que la cellophane étanche est vendue à 1,60 \$. La baisse se poursuit rapidement, afin de conquérir le marché, pour atteindre 0,38 \$ pour la cellophane pure, et 0,52 \$ pour la cellophane étanche en 1934. Les ventes ont progressé avec une extrême rapidité à laquelle les industriels ne s'attendaient pas : +30 % en 1929, +100 % en 1930 et +200 % en 1931.

⁴⁶⁰ La cellophane devait être étanche à l'humidité, de façon à préserver le moelleux des viennoiseries emballées.

⁴⁶¹ Alfred D. Chandler Jr., *Organisation et performance des entreprises*, tome I, Paris, Éditions de l'organisation, 1992.

Fig. 7. Évolution du prix de la cellophane entre 1924 et 1935.



Sources : Hagley Museum & Library, Acc. 1804.

La cellophane étanche s'est imposée face au papier sulfurisé et au papier cristal⁴⁶², traditionnellement utilisés par les boulangers et les confiseurs, grâce à sa transparence qui remplace la translucidité, mais aussi à son imperméabilité face à l'humidité et aux odeurs. De 1924 à la Seconde Guerre mondiale, les plaintes des clients, rapportées dans les archives du service commercial et du laboratoire de recherche, ont diminué progressivement. Elles ont visé d'abord la qualité de la feuille de cellulose, puis les conditions d'emballage et de conservation des aliments : à aucun moment la cellophane ne semble avoir été suspectée d'être nocive. Le service commercial a été particulièrement vigilant et attentif à préconiser des conditions d'emballage les plus rigoureuses possibles, que ce soit en conseillant des machines reconnues performantes ou l'usage de produits complémentaires nécessaires,

⁴⁶² Du Pont Cellophane Co., « The superiority of moistureproof cellophane over wax paper or waxed glassine », *Bulletin* n° 89-D, April 27, 1928.

comme la colle pour sceller les emballages. De même l'impression de la cellophane a-t-elle été strictement encadrée, et ce d'autant plus que le *Bureau of Animal Industry* (BAI), en 1933, préconisait de ne pas emballer la viande directement au contact de la cellophane colorée, en raison des risques de transferts des colorants sur la viande⁴⁶³. Aucun risque sanitaire n'est cependant évoqué. En janvier 1934, une nouvelle encre est développée, non soluble à l'eau, et agréée par le BAI⁴⁶⁴. En parallèle à ce travail systématique et rigoureux pour assurer le développement d'un tel produit, des contacts sont pris et des études sont menées pour en percevoir les effets et en projeter les développements. En 1930, soit 3 ans après la mise au point de la cellophane étanche, l'université de Pittsburgh, en collaboration avec l'American Institute of Meat Packers, a mené par exemple une étude auprès d'un panel très diversifié de consommateurs qui a permis à Du Pont de conforter ses positions : 38 % des personnes interrogées ont affirmé leur préférence pour l'achat du bacon sous emballage, et 44 % dans le cas de la saucisse emballée à l'unité. La première motivation avancée est la propreté, suivie de la possibilité de voir le produit par transparence. Les producteurs de viande emballée sont devenus une cible privilégiée du service commercial. La même année, ce sont les producteurs de produits surgelés qui ont manifesté aussi leur intérêt. Le discours commercial a repris l'opinion des consommateurs, et les campagnes de publicité grand public ont mis en scène les qualités hygiéniques du matériau. Vis-à-vis des industriels de l'agro-alimentaire, le discours est tout aussi rassurant et sécurisant, et les possibilités du laboratoire de recherche sont mises en avant par les agents commerciaux chargés de trouver de nouveaux clients⁴⁶⁵. En 1937, une nouvelle étude commandée spécifiquement a confirmé cette tendance sociale forte. Elle a donné lieu à une note interne au titre évocateur : « The Urge To Be Healthy » qui visait à promouvoir une publicité à destination du grand public⁴⁶⁶. Les questions de santé y sont présentées comme une préoccupation première pour chacun, avec le slogan : « Rester en bonne santé ». La publicité insiste non seulement sur les produits alimentaires mais aussi sur tout ce qui peut être porté et emballé dans la cellophane. Selon elle, le matériau d'emballage contribue ainsi de façon essentielle à une préoccupation collective. Chaque agent commercial est ensuite chargé de propager l'information parmi ses clients. En 1937, la production de

⁴⁶³ Du Pont Cellophane Co., « Colored cellophane meat wraps », *Bulletin*, n° 36-I, May 5, 1933.

⁴⁶⁴ Du Pont Cellophane Co., « Waterfast tango cellophane for meat packers », *Bulletin*, n° 2-JJ, January 3, 1934.

⁴⁶⁵ Du Pont Cellophane Co., *Bulletin*, June 23rd, 1931.

⁴⁶⁶ Du Pont Cellophane Co., *Bulletin* n° 71-MM, July 22, 1937.

cellophane justifie totalement le slogan conçu par les publicitaires pour une campagne de publicité de grande ampleur : « Better Things For Better Living ... Through Chemistry⁴⁶⁷ ».



Fig. 8. La Cellophane garde votre nourriture saine.

L'habileté de Du Pont est de pousser ses clientes non seulement à préférer les produits emballés avec la cellophane mais aussi à exiger son emploi par leurs bouchers, pour des raisons d'hygiène.

1.2. De la cellophane aux additifs...

L'emballage du pain blanc frais dans la cellophane a posé sans doute le plus de problèmes aux agents commerciaux chargés du développement. Très rapidement, en effet, des moisissures se développent en surface et rendent le produit impropre à la consommation. Des campagnes de sensibilisation sont menées auprès des boulangers, artisanaux ou industriels, afin de les dissuader d'utiliser la cellophane pour ce produit, mais elles ne suffisent pas à les

⁴⁶⁷ *135 Years Of Progressive Achievement, Dupont*, Acc. 1803, series II, Box 46. Sur l'analyse de ce slogan, voir Andrew M. Shanken, « Better Living: Toward a Cultural History of a Business Slogan », *Enterprise and Society*, September 2006, 7 (3), p. 485-519.

convaincre⁴⁶⁸. Le producteur de cellophane doit alors joindre ses efforts à ceux des producteurs de farine pour comprendre le phénomène et le porter à la connaissance des utilisateurs, de façon à dédouaner la cellophane⁴⁶⁹. Son action est renforcée et le problème résolu grâce une coopération en interne à Du Pont avec le service National Ammonia Division, lequel met au point un additif appelé « mycoban » afin d'inhiber les moisissures et les toxines de la farine⁴⁷⁰. Testé par 85 boulangeries industrielles en 1937 avec succès, le produit est proposé plus largement en 1938, en particulier aux boulangers utilisant la cellophane⁴⁷¹.

Un second front contre la cellophane est ouvert en 1934 par les producteurs de papier et d'aluminium, qui dénoncent l'action de la lumière dans le phénomène de rancissement des aliments⁴⁷². Cette critique apparaît lors d'un salon de l'emballage en mai 1934. La réaction de Du Pont est très rapide et montre la puissance de ses laboratoires de recherche. Dès octobre de la même année, le *Bulletin* signale la mise au point d'un additif à incorporer dans la cellulose pour permettre de retarder le phénomène. La firme hésite cependant à le mettre en œuvre systématiquement, ne sachant pas si la campagne relève d'un « écran de fumée » lancé par la concurrence ou si le mouvement de défiance des utilisateurs serait réel⁴⁷³. Un mois plus tard, les produits sont proposés à la vente et les grilles tarifaires envoyées aux agents commerciaux⁴⁷⁴. En avril 1935, le cas des chips de pommes de terre, hautement concernées par le phénomène de rancissement, est à son tour abordé : les vendeurs de chips ont apprécié la hausse considérable de leurs ventes grâce à l'emballage cellophane (10 fois plus entre 1931 et 1935). La rapidité des ventes et le turn-over important de la marchandise peuvent permettre d'éviter le rancissement des chips. Le service des ventes de Du Pont Cellophane en tire largement les enseignements et conseille à ses vendeurs d'insister sur cet aspect auprès des producteurs : « Sell faster – not keep longer ». Au besoin, les agents commerciaux peuvent aussi proposer les services des laboratoires de la compagnie, dont les recherches ont démontré que le phénomène de rancissement est souvent lié à la qualité de l'huile utilisée et aux méthodes de cuisson mise en œuvre. Les effets de la lumière, dénoncés par les concurrents, n'ont que peu d'impact au vu de la rapidité des ventes. En cas de besoin, les producteurs de chips peuvent enfin recourir à la cellophane avec additif, le « M.R.C. tango material »⁴⁷⁵. En

⁴⁶⁸ Du Pont Cellophane Co., « White bread », *Bulletin*, n° 20-M, May 11, 1937.

⁴⁶⁹ Du Pont Cellophane Co., « Mold - a problem in the baking industry », *Bulletin*, n° 70-MM, July 21, 1937.

⁴⁷⁰ Du Pont Cellophane Co., « Announcing a new Du Pont product « mycoban » - mold and rope inhibitor for bread », *Bulletin*, n° 41-NN, April 19, 1938.

⁴⁷¹ Voir le volume d'annexes.

⁴⁷² Du Pont Cellophane Co., « A "technical experiment" », *Bulletin*, n° 42-JJ, May 1, 1934.

⁴⁷³ Du Pont Cellophane Co., « Rancidity – retardent "cellophane" », *Bulletin*, n° 103-JJ, October 8, 1934.

⁴⁷⁴ Du Pont Cellophane Co., « Rancidity – retardent "cellophane" », *Bulletin*, n° 118-JJ, November 19, 1934.

⁴⁷⁵ Du Pont Cellophane Co., « Potato chips », *Bulletin*, n° 50-KK, April 23, 1935.

avril 1936, un rapport officiel dédouane publiquement la cellophane de toute suspicion dans ce domaine, en établissant sa bonne résistance au jus de raisin, qu'il y ait ou non des additifs dans le matériau⁴⁷⁶.



Fig. 9. Vraiment frais : Merci à la “Cellophane” !

Préserver la fraîcheur des produits et assurer leur bonne conservation hors de toute contamination sont les arguments privilégiés par les publicités de Du Pont pour l’emploi de la cellophane chez les boulangers. *The Saturday Evening Post*, 1938.

L’offensive des concurrents s’est poursuivie autour des problèmes de résistance plus ou moins forte à la chaleur, notamment pour les produits chocolatés, obligeant le producteur de cellophane à étudier le comportement de ses propres produits et à en établir les normes de comportement à la chaleur⁴⁷⁷. Lors du Salon des confiseurs de 1935, les fabricants de feuilles d’aluminium, Reynolds en particulier, ont été clairement désignés comme des concurrents déloyaux dont l’argumentaire reposait sur des prétendus test scientifiques – « so-called “scientific tests” ». Et les commerciaux de Du Pont ont été chargés de diffuser avec vigueur la devise de la cellophane : « There is no substitute for visibility⁴⁷⁸ ». Le service Recherches et

⁴⁷⁶ Du Pont Cellophane Co., « Rancidity – retardant “cellophane” », *Bulletin*, n° 21-L, April 28, 1936. L’étude avait été menée par la New York State Agricultural Experiment Station (Geneva, N.Y.).

⁴⁷⁷ Du Pont Cellophane Co., *Bulletin*, n° 108-JJ, October 18, 1934.

⁴⁷⁸ Du Pont Cellophane Co., « Candy convention », *Bulletin*, n° 91-KK, June 14, 1935.

développement a mené différentes études pour comprendre les comportements des acheteurs et leur perception de la transparence. On ne trouve à cette date aucune allusion à une méfiance liée à l'usage de l'un ou l'autre des matériaux mentionnés⁴⁷⁹. On comprend en revanche la guerre démarrée entre les fabricants de deux matériaux emblématiques d'une révolution de l'emballage alimentaire : l'aluminium et la cellophane.

Du Pont a mis de très gros moyens dans les campagnes de publicités en faveur de la cellophane dans l'emballage. Celles de 1940 et 1941, à grand renfort d'images et de publicités dans les magazines professionnels et ceux destinés au public féminin, soulignent l'évolution des modes de consommation et le développement du self service. L'emballage individuel qui assure l'hygiène du produit, et la possibilité de voir celui-ci par transparence sont les deux arguments majeurs en faveur de la cellophane⁴⁸⁰.

1.3. Plastique et toxicologie : quelle recherche chez Du Pont ?

Le développement de la production et du marché de la cellophane par Du Pont est caractérisé à la fois par des moyens très importants donnés à la recherche et par le dynamisme et la modernité du service commercial⁴⁸¹. La Du Pont Cellophane Co. s'est d'abord appuyée sur la culture du plastique développée au sein du « Plastics Department » de la maison mère. Celui-ci avait été créé en 1915 à partir du rachat du plus gros producteur de celluloïd américain, the Arlington Company of Arlington⁴⁸², par Du Pont, qui mettait en œuvre une stratégie de diversification dans le champ de la chimie de la cellulose. Le Plastics Department avait ensuite été renforcé en 1925 par l'achat de la Viscoloid Company of Leominster, une entreprise spécialisée dans la fabrication d'accessoires pour coiffure et de jouets. Enfin, la Du Pont Cellophane Co. a recouru également à l'aide du « Ammonia department » pour trouver les solutions techniques aux problèmes relayés par les commerciaux, tels que celui de l'imperméabilité de la cellophane. La recherche ne concerne alors que les questions techniques.

L'originalité de Du Pont dans le champ de la recherche réside surtout dans la création, en 1934, du Haskell Laboratory of Industrial Toxicology, un laboratoire de recherche spécialisé

⁴⁷⁹ Du Pont Cellophane Co., « The power of impulse buying », *Bulletin*, n°124-KK, September 6, 1935. Du Pont Cellophane Co, Inc., *Does visibility sell more chocolate coated bars ?*, étude interne, novembre 1935.

⁴⁸⁰ Voir les documents 20 à 30 dans le volume d'annexes.

⁴⁸¹ David Hounshell & John Kenly Smith, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 170 et suivantes. Pap Ndiaye, *Du nylon et des bombes : Du Pont de Nemours, le marché et l'État américain*, Paris, Belin, 2001.

⁴⁸² L'entreprise était spécialisée dans la fabrication des objets imitant les écailles de tortue, en particulier pour les cheveux, mais aussi pour les intérieurs de voiture. *History of Du Pont's Plastics Department*, 1965, PAM, Hagley Museum & Library.

dans les questions de santé au travail rattaché à la Division médicale, et installé à la Station Expérimentale de Wilmington (Delaware), près du siège de Du Pont. Sa création est liée à l'apparition d'une douzaine de cas de cancer de la vessie entre 1929 et 1932 chez des employés en poste dans une des usines productrices de colorants de la compagnie. Pour comprendre et résoudre ce problème, le médecin du travail en charge de ces questions, le docteur Gehrman a été chargé d'évaluer la situation et de proposer des solutions. Il s'est rendu en Allemagne pour visiter les installations de I. G. Farben, confrontée elle-aussi aux mêmes cas de cancers, et fit modifier l'organisation de la production établie en 1915 afin de confiner certaines parties. Si le taux de cancers a bien régressé, la substance en cause n'a cependant pas pu être identifiée. Le docteur Gehrman observa aussi que I. G. Farben s'était dotée d'un laboratoire spécifique, chargé de s'occuper des questions de toxicologie industrielle⁴⁸³. Il parvint alors à convaincre la présidence de Du Pont de la nécessité de créer un laboratoire similaire⁴⁸⁴, dont les missions principales concernaient certes les recherches à mener sur les cas de cancer observés – l'étude des tumeurs de la vessie afin de prévenir ce cancer et détecter les substances supposées être à l'origine de ces pathologies – mais aussi la toxicologie de tous les nouveaux produits et matériaux dont la production et l'utilisation étaient envisagées. Ces études devaient permettre d'influer sur l'architecture et les équipements des futures usines afin de limiter l'exposition des ouvriers aux substances nocives. Innovation majeure, il s'agissait de protéger non seulement la santé des employés mais aussi celle des consommateurs⁴⁸⁵. Le président de la compagnie, Lamont du Pont, profita de l'inauguration du laboratoire pour affirmer sa volonté politique d'anticiper les problèmes et souligner combien cette création pouvait être jugée incongrue par les autres divisions. Pour celles-ci, en effet, un tel laboratoire risquait de créer du doute dans l'esprit des consommateurs, et de susciter de la défiance vis-à-vis de leurs produits⁴⁸⁶.

Cette étape est très importante dans l'histoire de l'hygiène industrielle et des questions de santé publique liées à l'introduction de nouveaux matériaux⁴⁸⁷. Du Pont et deux autres grandes entreprises chimiques américaines, Dow Chemical Company et Union Carbide, ont été

⁴⁸³ David Hounshell et John K. Smith, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 559-560.

⁴⁸⁴ David Hounshell et John K. Smith précisent qu'une première suggestion en ce sens avait été faite en 1930 par Wilhem Hueper, un jeune médecin de l'institut de recherche contre le cancer de Philadelphie, financé par Irénée du Pont. Un Mémoire avait été rédigé et remis à Irénée qui était alors vice président du Conseil d'administration. La proposition également faite au directeur du Chemical Department avait reçu un refus. David A. Hounshell et John K. Smith, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 560.

⁴⁸⁵ William Chambliss, *Fifty Years of Research and Service. Haskell Laboratory for Toxicology and Industrial Medicine*, sans date. Hagley Museum & Library, PAM. (1985 ?)

⁴⁸⁶ *Ibid.*

⁴⁸⁷ Christopher McKenna, « 'Mieux vivre par la chimie' ? Accidents industriels et masculinité à Du Pont, 1890-1930 », *Entreprises et Histoire*, n° 17, décembre 1997, p. 9-22.

pionnières dans ce domaine aux États-Unis ; toutes trois ont pris en compte officiellement et décidé d'assumer ces questions, avec la création de structures *ad hoc* vouées à l'étude et à l'anticipation des problèmes de toxicologie tant pour les employés que pour les consommateurs. Elles ont ainsi anticipé sur la structuration de ce domaine, avec la naissance d'institutions officielles, comme, en 1938, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) qui réunissait les professionnels de l'hygiène industrielle au niveau fédéral, des États et localement, et, en 1939, l'American Industrial Hygiene Association (AIHA)⁴⁸⁸. La législation américaine n'avait pris en compte les questions de maladie professionnelle qu'à partir de 1910, avec la First State Workman's Compensation Law, qui instaurait un système de compensation en cas d'accident ou maladie. La prévention des risques industriels n'était pas encore d'actualité.

La direction du laboratoire a été confiée à un médecin allemand en poste à l'université de Cleveland, Wolfgang F. von Oettingen⁴⁸⁹, entouré d'une équipe pluridisciplinaire, composée d'un pathologiste, d'un biologiste et d'un pharmacien. Sa première décision a été de réunir une bibliographie sur la toxicologie industrielle, encore peu étudiée aux États-Unis, et de voir notamment les travaux allemands. Si Alice Hamilton fait figure de pionnière dans le domaine, elle-aussi insiste sur le fait que ses travaux, et plus largement ceux sur les maladies professionnelles, sont restés peu considérés par les autorités médicales américaines, à l'inverse de la situation européenne. Dans son autobiographie publiée en 1943, elle souligne l'absence de conférence sur le sujet et le petit nombre d'articles publiés dans les revues scientifiques jusque là. Les études d'Oettingen ont montré rapidement que la toxicité des matériaux et composants produits ou mis en œuvre dans la compagnie était le plus souvent totalement inconnue et mésestimée. Ses travaux sur le cancer de la vessie ont prouvé la responsabilité du bêta-naphtylamine et leur publication a contribué à asseoir sa réputation dans la recherche académique.

Cependant, pour ce qui concerne la production de la fibre de viscose, dont Du Pont était un gros producteur, A. Hamilton avait publié aux États-Unis, dès 1914, deux articles à charge sur le sujet, se référant aux travaux d'Anselme Payen de 1856. Elle mentionnait également l'abondante littérature européenne sur le sujet et le vide américain à cette période. Deux

⁴⁸⁸ David A. Hounschell and John Keny Smith Jr, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 555 et suivantes.

⁴⁸⁹ W. F. von Oettingen (1888-1976) était docteur en chimie de l'université de Göttingen en médecine de l'université de Heidelberg. Il était venu aux États-Unis en 1924 et avait rejoint en 1925 l'école de médecine de la Western Reserve University à Cleveland où il fut professeur-assistant. Il officia chez Du Pont de 1925 à 1938, puis occupa des fonctions importantes en toxicologie au National Institute of Health. A sa retraite, il fit encore office de consultant auprès des institutions officielles dont la Food and Drug Administration. William Chambless, *Fifty Years of Research and Service*, *op. cit.*, p. 15.

composants étaient déjà connus et incriminés : le disulfide de carbone et le sulfure d'hydrogène⁴⁹⁰. Nous n'entrerons pas ici dans l'histoire des maladies professionnelles chez Du Pont, mais l'importance des études menées dans la filière des plastiques a eu une résonance dans la consommation des produits finis et dans leur réception par le consommateur.

La légitimité du travail et l'autonomie des chercheurs au sein d'Haskell ne sont pas allés de soi dans l'entreprise, malgré le soutien de la direction générale. Le laboratoire a développé une réelle expertise dans les protocoles d'expériences et ses travaux ont fait référence. Les rapports avec les directions des départements industriels, comme avec le Legal Department, ont pu être parfois conflictuels, notamment quand le poids de la législation est devenu de plus en plus fort.

La cellophane est devenue très vite l'objet de nombreuses recherches de part et d'autre de l'Atlantique. A la fin des années 1930, soit une quinzaine d'années après le début de sa fabrication aux États-Unis, des centaines de travaux scientifiques lui avaient été consacrés, au point qu'il était impossible d'en dresser une liste exhaustive⁴⁹¹. Au sein de Du Pont, il devint alors nécessaire de disposer d'un document de référence en interne : un ouvrage volumineux fut édité en 1941. Celui-ci comporte une bibliographie sélective de 91 articles scientifiques sur les propriétés de la cellophane et sur ses usages, complétée par une liste des 29 ouvrages de référence sur le sujet en allemand, anglais et en français, avec une nette majorité de livres en anglais (19, contre 9 en allemand et 1 en français). Le tout est enrichi d'une liste de 55 brevets déposés aux États-Unis entre 1920 et 1940. Ce livre de référence sur la cellophane interne à l'entreprise ne mentionne cependant pas les problèmes de toxicologie pourtant rencontrés par le matériau.

1.4. Les facteurs exogènes de l'innovation : du Federal Food, Drug, and Cosmetic Act de 1938 à la Seconde Guerre mondiale

Après la crise du di-éthylène glycol en 1937, les pouvoirs publics ont légiféré dans le sens d'un plus grand contrôle des produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques. L'une des premières initiatives de Roosevelt a été la présentation du *Federal Food, Drug, and Cosmetic Act*, voté en 1938, qui étendait la notion d'adultération pour inclure « toute substance toxique ou délétère susceptible de rendre le contenu néfaste pour la santé », y

⁴⁹⁰ Alice Hamilton, *Exploring the Dangerous Trades*, op. cit., p. 387 et suivantes.

⁴⁹¹ E. I. Du Pont de Nemours & Company, Rayon Department, "*Cellophane*" *Technical Handbook*, op. cit.

compris par le contact avec des matériaux toxiques. La Food and Drug Administration (FDA), en place depuis 1927, s'est vue confier la mission de fixer des listes d'ingrédients précis d'aliments de base tels que la mayonnaise⁴⁹². Cette loi a obligé les industriels à mener, à leur charge, des études préalables à la mise sur le marché de nouveaux produits et à préciser sur les emballages le détail du contenu, y compris les additifs utilisés. Désormais les entreprises ne pouvaient plus ignorer la prise en compte de la toxicité dans le développement industriel et commercial de leur production, quel que soit le secteur.

Des laboratoires de toxicologie indépendants ont alors été créés pour aider les petites et moyennes entreprises à mener les recherches nécessaires, et des universités se sont dotés d'instituts pour gérer des recherches sur contrats. Les essais sur les animaux comme sur les humains ont été progressivement normalisés à partir du milieu des années 1930. Les techniques d'analyses avaient déjà bénéficié des recherches menées pendant la Première Guerre mondiale sur les gaz toxiques et leurs effets, et environ 3000 à 4000 substances avaient été étudiées⁴⁹³.

Du Pont, qui produisait des additifs et en incorporait dans ses matériaux, a donc été concernée au premier chef. Le laboratoire Haskell a alors été chargé de mener des études toxicologique *a posteriori*, alors même qu'aucune étude préalable n'avait été exigée lors de la commercialisation des nouveaux composants. Il a collaboré aussi avec la *Food and Drug Administration* pour définir des normes sur les additifs alimentaires. La direction du Département chimie de Du Pont a eu à prendre en compte cette nouvelle préoccupation à partir de 1939. Le rapport annuel de 1940 mentionne par exemple les recherches menées sur les solvants utilisés lors de la fabrication de la cellophane, en particulier le glycérol et l'éthylène glycol, qui présentent la particularité de migrer dans le matériau. Les études sont poursuivies afin « d'éviter les critiques possibles sur l'usage de l'éthylène glycol, en raison de sa toxicité »⁴⁹⁴. Toutefois, en interne, ces relations privilégiées du laboratoire avec la FDA sont vécues comme une sorte de trahison, d'autant plus que le coût des études facturées en retour est plus élevé que les laboratoires privés⁴⁹⁵. C'est dans ce contexte tendu que survient la guerre.

⁴⁹² Richard A. Merrill, « Food Safety Regulation: Reforming Delaney Clause », *Annu. Rev. Public Health*, 1997, 18, p. 318-340.

⁴⁹³ John Zapp, « Industrial Toxicology: Retrospect and Prospect », *op. cit.*, p. 1476 et suivantes.

⁴⁹⁴ Hagley Museum & Library, Accession 1784, E. I. Du Pont de Nemours & Co, Central Research and Development, *Annual Report – 1940*, p. 8.

⁴⁹⁵ David Hounshell et John K. Smith, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 564 et suivantes.

C'est dans ce contexte que survient l'attaque de Pearl Harbor le 8 novembre 1941 suivie de l'entrée en guerre des États-Unis. L'Armée sollicite alors tous les industriels dont ceux de l'emballage, quel que soit le matériau mis en œuvre. Le Bureau de la Production de guerre a pris tout de suite des mesures pour restreindre l'utilisation de la cellophane à des fins civiles, tout en mettant en doute la capacité des producteurs à convertir leur production pour l'effort de guerre. Cela fait chuter le volume de production de 80 %⁴⁹⁶. Les producteurs réagissent immédiatement et ils se concertent afin de démontrer aux militaires les possibilités offertes par les plastiques. Il faut convaincre l'Armée de leurs capacités en termes de recherche et développement, et de production pour la guerre. Cette situation est un vecteur évident d'innovation : les matières plastiques trouvent à se substituer à une multitude de produits, compte tenu des besoins à la fois énormes et nouveaux. Les plastiques sont mis en œuvre dans l'emballage sous trois formes : souple, rigide et en revêtement de surface dans les boîtes de conserve par exemple. Des poudriers en plastique trouvent de nouveaux usages pour conditionner des produits médicaux ; les pochettes en cellophane servent à emballer des écrous et autres vis pour faciliter leur transport et leur distribution sur le théâtre des opérations militaires ; les pièces aéronautiques, et plus largement les pièces mécaniques en métal à destination en zones très humides, sont revêtues d'une sorte de résine destinée à empêcher la corrosion jusqu'à l'assemblage final. La transparence dans les emballages, souples comme rigides, est un argument de taille pour contrôler à la fois la nature des produits emballés et leur évolution, notamment les effets de l'humidité. Des dispositifs de contrôle de l'humidité sont même inventés qui emprisonnent des cristaux hygroscopiques entre des feuilles de cellophane, dont la transparence permet de contrôler facilement la couleur.

⁴⁹⁶ *History of Packaging during World War II*, Report Number, published by Packaging Institut, Inc., New York, 1945, p. 11. Document dactylographié.

THE SATURDAY EVENING POST



**The last
2 $\frac{7}{8}$ inches
of a rescue . . .**

The wounded man in this picture is being carried out of danger by medical soldiers who work where the battle rages hottest.

Within ten minutes after being hit, any wounded man will, if necessary, be given a blood transfusion. Transfusion from blood plasma is one of the greatest life-saving accomplishments of this war. Units of blood plasma are ready to be used in first-aid stations, right on the battlefield, with the most efficient blood-supplying apparatus ever devised.

Through a hollow needle, the plasma (you may have been the donor) flows into the soldier's bloodstream. This little needle, 2 $\frac{7}{8}$ inches long, thus plays a vital role in saving American lives. But to do so it must be surgically sterile, ready for instant use. For this reason it goes to the front line sealed in Du Pont Cellophane.

On far-flung battle fronts, Du Pont Cellophane is meeting all the rigorous tests of wartime service as a wrap for medical supplies, Army rations and ordnance parts. It is no less efficient as a protective wrapping for the products you buy for family use.

**You can be part
of this Battlefield Miracle**

Let this picture remind you that American blood, *your* blood, is urgently needed to save the lives of American soldiers. If there is a Blood Donation Center in your locality, telephone and make an appointment to give a pint of blood. Your blood will work a blessed miracle for a wounded man. It is very little to do for a soldier who is fighting for you.

**Vital protection in many war uses demonstrates
Cellophane's value to you**

BELOW is shown (actual size) the hollow needle used in blood transfusions by Army doctors—just as it comes in the Army Medical Department transfusion kits, sealed with Du Pont Cellophane. Rubber tubing already attached. Cellophane supplied for this vital use also provides outstanding protection for things you buy every day.



**DU PONT
Cellophane**

DU PONT
REG. U. S. PAT. OFF.

BETTER THINGS FOR BETTER LIVING . . . THROUGH CHEMISTRY

Fig. 10. Les derniers centimètres d'un sauvetage.

Pour promouvoir son action en temps de guerre, Du Pont communique sur l'utilité de la cellophane pour préserver la stérilité des équipements. *The Saturday Evening Post*, 1940

L'ensemble des laboratoires de recherche de Du Pont est mobilisé⁴⁹⁷, notamment pour le célèbre « Manhattan Project », destiné à produire la bombe atomique. Dans le domaine de l'emballage alimentaire, il s'agit de mettre au point de nouveaux produits capables de résister aux conditions des transports aériens et du largage en parachute, ainsi qu'aux conditions climatiques extrêmes comme sur le front asiatique (chaleur et humidité) : « packed right to reach the fight » – « un emballage approprié pour atteindre le front ». Le paradigme change : il ne faut plus de produire pour plaire au consommateur, mais pour emballer solidement et sainement afin d'envoyer aux quatre coins de la terre toutes sortes de produits – matériel de guerre, équipement et alimentation. Toute imperfection peut se révéler fatale pour les soldats, de la corrosion d'un piston au manque de stérilisation du matériel médical et à l'ingestion

⁴⁹⁷ David Hounshell et John K. Smith, *Science and Corporate Strategy...*, *op. cit.*, p. 331 et suivantes.

d'aliments devenus malsains. La réussite de l'armée américaine passe tout autant par la modernité de son équipement de combat que par sa faculté à nourrir et à habiller correctement ses soldats : « La fierté de notre pays est que les soldats de l'oncle Sam soient l'armée la mieux nourrie, la mieux habillée et la mieux équipée au monde ». Le conditionnement et l'emballage tiennent donc une place très importante dans l'effort de guerre américain, et concernent tout autant le matériel militaire que la production agricole et agroalimentaire. Du Pont doit répondre aux demandes de l'armée dans un contexte de pénurie des matériaux de base réquisitionnés pour les fabrications de guerre. Les différents départements de la compagnie, très indépendants les uns par rapport aux autres, sont contraints de mener des recherches communes. Le Rayon Department et le Chemical Department réussissent à inventer, par exemple, en 1943, une feuille mettant en œuvre la cellophane avec de la résine et à la produire avec succès à l'usine de Buffalo.

L'une des ingérences les plus fortes de l'armée est d'obliger les producteurs de matériaux concurrents d'emballage à collaborer entre eux, alors que les années 1930 avaient été marquées par une bataille très féroce. Les cahiers des charges des militaires sont extrêmement exigeants, adaptés aux différentes zones géographiques des fronts militaires. L'exemple du jus d'orange synthétique en poudre, qui fait l'objet d'un descriptif en décembre 1943, est significatif : l'armée donne la composition précise de la poudre, incluant les additifs et conservateurs, et spécifie le type d'emballage⁴⁹⁸. En l'occurrence, la poudre doit être emballée dans une boîte de 12 onces (36 cl) ou un sachet de 7 grammes. La forme et la taille des sachets sont précisées, de même que leur composition : une feuille laminée composée d'un film d'acétate de cellulose et d'une feuille d'aluminium, dont l'une des faces doit être recouverte d'un revêtement du type acétate de polyvinyle. La face en acétate de cellulose doit être à l'extérieur du sachet, et de couleur jaune terne de camouflage. L'emballage des céréales donne lui aussi lieu à un cahier des charges, qui oblige les services de la division cellophane de Du Pont à admettre l'idée d'associer la cellophane à la feuille d'aluminium de Reynolds⁴⁹⁹.

⁴⁹⁸ *Army-Navy Packaging News, Bulletin* n° 197, December 22, 1943.

⁴⁹⁹ *Army-Navy Packaging News, Bulletin* n° 189, December 13, 1943.

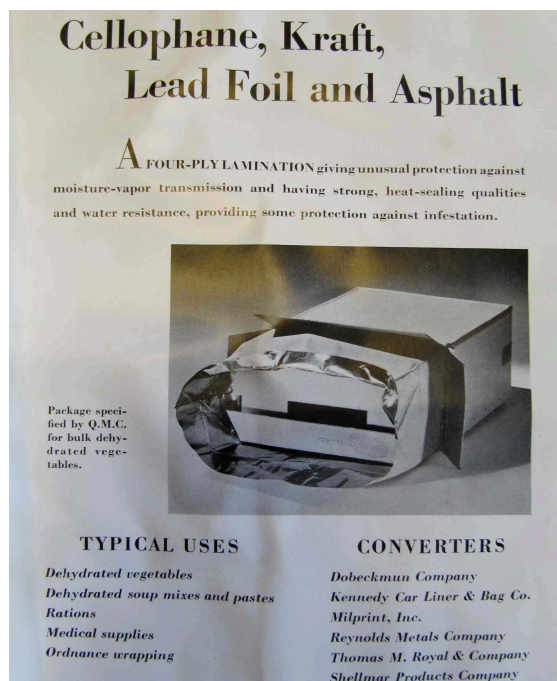


Fig. 11. “Cellophane, papier kraft, feuille de plomb et bitume”.

La guerre est l’occasion de mettre au point et d’expérimenter de nouveaux produits comme ces emballages composés 4 de couches laminées avec des feuilles de cellophane, plomb et papier kraft et une couche de bitume. Sources : Hagley Museum and Archives.

La situation des plastiques après la Seconde Guerre mondiale est donc très différente de celle d’avant-guerre : un bond technologique très important a été accompli, et nombre des nouveaux usages inventés pour l’armée peuvent recevoir des applications civiles. Comme l’a écrit William Chambless : « Le laboratoire a aidé Du Pont à rester en phase – ou en avance – avec les exigences des gouvernements »⁵⁰⁰. Parallèlement, la prise de conscience des risques liés à la production industrielle de composants de synthèse aux effets inconnus a aussi progressé.

1.5. Le durcissement de la régulation après-guerre

En 1950, le Congrès décide de procéder à des changements en termes de régulation, et d’amender le *Food, Drug and Cosmetic Act* de 1938 en exigeant des industriels qu’ils conduisent des recherches sur une génération complète, et sur au moins une espèce de cobayes, notamment les rats, pour établir les preuves de l’innocuité avant la

⁵⁰⁰ « Le laboratoire a contribué à maintenir Du Pont en phase – ou en avance – avec les exigences des gouvernements », William Chambless, *Fifty Years of Research and Service*, op. cit. p. 30.

commercialisation de tout nouvel additif, matériau ou pesticide⁵⁰¹. A cette date, la FDA préconise déjà de mener les recherches pendant 2 ans minimum sur des rats et a publié un guide des bonnes procédures à ce sujet en 1949⁵⁰². Elle s'appuie notamment sur les travaux menés sur le diéthylène glycol qui ont montré les effets à long terme de l'ingestion sur les rats et le développement de tumeurs, là où les essais sur de courtes périodes n'avaient rien laissé voir⁵⁰³. Le Congrès crée un comité chargé d'étudier l'usage croissant des produits chimiques dans l'alimentation, dirigé par James Delauney, membre du parti démocrate et l'un des représentants de New York.

En 1958, le *Food Additives Amendment* (FAA) est voté, assorti d'une clause très restrictive, la *Delaney Clause*, qui interdit à la FDA d'établir un quelconque seuil de tolérance pour les produits carcinogènes pour les hommes comme pour les animaux, et prescrit donc de les exclure strictement de la liste des additifs alimentaires. Désormais tout nouvel additif doit recevoir l'autorisation de la FDA, laquelle publie une liste des substances reconnues non toxiques dans le *Federal Register*. La responsabilité de mener les recherches et de prouver l'innocuité des nouvelles substances revient aux entreprises. La loi concerne les additifs dans les aliments et les matériaux au contact des aliments, tels que les emballages. Néanmoins, face à la masse de produits concernés, il est convenu d'exclure de la liste les substances « généralement reconnues par des experts qualifiés » (*Generally Recognized by Qualified Experts*, GRAS). Cette liste est essentielle et sa composition reste sujette à modifications si des recherches nouvelles démontrent la nocivité d'une substance s'y trouvant. Le nouvel amendement s'inspire des mesures prises contre les pesticides en 1954, avec le *Miller Pesticide Amendment*. Mais la question de la présence des pesticides dans les aliments est prise en compte en introduisant un niveau de seuil acceptable, car les membres du Congrès ne sont pas convaincus de la présence et des effets possibles des pesticides dans l'alimentation. L'une des limites du FAA est cependant de considérer qu'une substance préalablement agréée par la FDA ou le ministère de l'Agriculture ne doit pas faire l'objet d'une nouvelle demande en tant qu'additif. La seconde restriction concerne les pesticides, dont l'usage autorisé pour l'agriculture ne peut être remis en question par le FAA. Or il est impossible de recourir à la Delaney Clause pour exclure des pesticides pourtant suspectés d'effets carcinogènes.

⁵⁰¹ John A. Zapp, Jr., « Industrial Toxicology: Retrospect and Prospect », *op. cit.*

⁵⁰² Arnold J. Lehman and FDA Staff, « Procedures for Appraisal of the Toxicity of Chemicals in Foods, Drugs and Cosmetics », *Food and Drug Cosmetic Law Journal*, September 1949.

⁵⁰³ Arthur A. Nelson, O. Garth Fitzhugh and Herbert O. Calvery, « Diethylene Glycol », *Federation Proceedings*, 4, 149, 1945.

En conséquence, la recherche en toxicologie ne peut plus s'intéresser seulement aux maladies aiguës mais elle doit aussi orienter ses travaux vers les maladies chroniques. Il s'agit notamment de déterminer la durée d'exposition nécessaire, et non plus uniquement les quantités nécessaires, pour obtenir des résultats significatifs. La FDA met à jour son guide des procédures en 1955 et celui-ci fait l'objet d'une monographie publiée par l'Association of Food and Drug Officials of the United States en 1959. En parallèle, la recherche publique, en l'occurrence la National Academy of Science et le National Research Council ensemble, tous deux dotés de comités d'études spécialisés sur l'alimentation, publient également un ouvrage méthodologique de référence pour conduire les expériences en toxicologie⁵⁰⁴. La normalisation des procédures a conduit à l'instauration de nouvelles pratiques, telles que l'étude en parallèle de deux groupes de cobayes, l'un ingérant les substances, l'autre pas. Le corollaire en est une augmentation importante des coûts de recherche.

En 1960, le dispositif est complété par le *Federal Hazardous Substances Labeling Act* et les *Color Additive Amendments*, lesquels visent l'alimentation, les médicaments et les cosmétiques. Les matériaux d'emballage sont autant concernés que les substances ajoutées dans les produits. Tout colorant, même déjà utilisé, doit sans exception faire l'objet d'une recherche *préalable* afin de montrer son innocuité avant d'être autorisé par la FDA. La Delauney Clause s'applique également.

La publication de *Silent Spring*, par Rachel Carlson, en 1962, a un impact considérable sur l'opinion publique et contraint les autorités fédérales à une plus grande vigilance. En dénonçant les effets des pesticides tant sur les hommes que sur les animaux, R. Carlson vise l'industrie chimique et les substances dont les effets à long terme ne sont pas connus, voire pas étudiés. Son ouvrage marque un tournant décisif dans la prise de conscience par l'opinion publique des risques environnementaux, même si d'autres événements ont précédemment déjà alerté l'opinion⁵⁰⁵. Il remet en cause durablement la confiance des citoyens dans leur industrie chimique en particulier.

La fin des années 1960 et les années 1970 sont marquées par une nouvelle accélération dans la prise en compte de l'ensemble des problèmes environnementaux par le gouvernement américain, avec toute une série de lois visant à protéger le consommateur et à encadrer les pratiques des industriels. En 1968, le législateur intervient pour réguler l'élevage des animaux avec les *Animal Drug Amendments* de 1968 qui imposent à la nourriture et aux médicaments

⁵⁰⁴ National Academy of Science/National Research Council, Food Protection Committee/Food and Nutrition Board, *Principles and Procedures for Evaluating the Safety of Food Additives*, Publ. n° 750, Washington, 1959.

⁵⁰⁵ Sur ce sujet, voir en particulier James Wharton, *Before "Silent Spring": Pesticides and Public Health in Pre-DDT America*, Princeton, Princeton University Press, 1974.

pour les animaux destinés à être consommés les mêmes contraintes que pour les humains. Le contrôle des maladies professionnelles par l'État est renforcé par le *Occupational Safety and Health Act* (OSHA) de 1970⁵⁰⁶. En 1972, le *Consumer Product Safety Act* vise à protéger les personnes contre les risques liés à l'usage de produits grand public, et il est suivi de la création de la United States Consumer Product Safety Commission (CPSC). Pour coordonner les exigences et contraintes de chacune des cinq agences⁵⁰⁷ en charge des problèmes environnementaux, le Interagency Regulation Liaison Group (IRGL) est créé en 1977.

Dans ce contexte, le laboratoire d'Haskell a été de plus en plus souvent sollicité par les agences gouvernementales et a mis en place un programme de recherche fondamentale plus important⁵⁰⁸. Le bâtiment a dû être agrandi et les équipes ont été renforcées pour mener de front les recherches toxicologiques rendues obligatoires par la FDA tant sur les produits déjà mis en œuvre que sur ceux en préparation. L'élevage des cobayes y occupait une place très importante. Son budget qui est de 2,3 millions en 1970, atteint 13,3 millions en 1979. Les travaux menés engendrent des masses importantes de données qu'il faut compiler et analyser statistiquement afin de pouvoir les exploiter.

Ces contraintes exogènes, imposées à l'ensemble des entreprises chimiques, conduisent onze d'entre elles, dont Du Pont, à investir dans un centre de recherche commun, en 1974, le *Chemical Industry Institute for Toxicology*, installé dans le *Research Triangle Park*, en Caroline du Nord⁵⁰⁹. L'État fédéral américain a donc eu un effet direct sur la structuration de la recherche privée dans le secteur de la chimie. De ce point de vue, la comparaison avec le cas français n'est pas aisée faute de travaux. L'entreprise Saint-Gobain par exemple, leader dans la production du PVC masse, a peiné à structurer sa recherche et à atteindre une taille critique lui permettant économies d'échelles et de gammes. Les questions de toxicité semblent absentes des travaux de ses laboratoires dans les années 1950, et ses efforts ont porté

⁵⁰⁶ Robert E. Weir, *Workers in America: A Historical Encyclopedia*, Santa Barbara, ABC-CLIO, LLC, 2004, p. 552 et suiv. Thomas O. McGarity, Sidney A. Shapiro, *Workers at Risk: The Failed Promise of the Occupational Safety and Health Administration*, Pareger, 1993. James A. Gross, « The Broken Promises of the National Labor Relations Act and the Occupational Safety and Health Act: Conflicting Values and Conceptions of Rights and Justice », The Kenneth M. Piper Lectureship Series, 73, *Chicago-Kent Law Review*, 1998, p. 351-387.

⁵⁰⁷ Il s'agissait du United States Department of Agriculture/Food Safety and Inspection Service (USDA/FSIS), de la Food and Drug Administration (FDA), du U.S. Department of Labor and its Occupational Safety and Health, de la Environmental Protection Agency (EPA) et de la Consumer Product Safety Commission (CPSC). Cf. Phillip A. Johns, « Interagency Regulatory Liaison Group Role in Phthalates », *Environmental Health Perspectives*, Vol. 45, 1982, p. 145-147.

⁵⁰⁸ David A. Hounshell et John K. Smith, *Science...*, *op. cit.*, p. 568 et suivantes.

⁵⁰⁹ *Ibid.*, p. 570-571.

prioritairement sur le développement des laboratoires d'applications afin de développer le marché⁵¹⁰.

Les trente années qui suivent la Seconde Guerre mondiale voient la montée progressive d'une défiance de l'opinion publique américaine vis-à-vis de la chimie qui se cristallise en 1962 autour du livre de R. Carlson, *Silence Spring*. L'entreprise Du Pont a pris conscience, dans les années 1930, du risque lié à l'usage de nouvelles substances et nouveaux matériaux, dans leur mise en œuvre industrielle comme dans leurs usages dans la consommation courante. Après-guerre, le développement de moyens de recherche conséquents, tant dans le domaine public que privé, permet de comprendre les effets à long terme de certaines substances, et l'apparition de certains cancers. Au libéralisme de l'entre-deux-guerres se substitue une législation beaucoup plus contraignante, qui impose désormais des séries d'expérimentations avant toute nouvelle utilisation d'une substance. Ce mouvement n'est pas propre aux États-Unis : des législations nationales, en Europe, se sont mises en place dès le début du XIX^e siècle. A partir de 1945, on assiste, en revanche, à une montée en puissance des organisations internationales dans ce domaine.

2. LES RÉGULATIONS INTERNATIONALES SUR L'ALIMENTATION, LES ADDITIFS ET LES CONTAMINANTS APRÈS LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Au sortir de la guerre, les avancées américaines dans le domaine de l'emballage alimentaire sont rapidement connues, que ce soit par la biais des produits consommés par les soldats américains sur le territoire européen, et vendus sur le marché noir pour certains, ou ensuite par les missions de productivité organisées dans le cadre du plan Marshall ou encore par les relations entre industriels maintenues *a minima* pendant le conflit ou qui reprennent dès la fin de la guerre. La montée des régulations dans le domaine de l'hygiène alimentaire de l'entre-deux-guerres est poursuivie et prend une tournure internationale, dans le mouvement plus global de création de grandes organisations de cette période, telle que l'Organisation des Nations Unies (ONU) ou l'Organisation mondiale de la santé (OMS). La question de la pureté des aliments et de sa définition est au centre des débats, et les enjeux dépassent le cadre de la santé publique pour concerner le développement du marché international. Les États nationaux conservent un temps leur souveraineté dans ce domaine, afin de protéger leurs marchés et leurs entreprises, mais la construction de l'Europe, comme celle de l'Organisation mondiale

⁵¹⁰ Yves Cohen, « Le PVC masse, mais quoi d'autre ? (Recherche en chimie organique, Saint-Gobain, 1955-1958) », *Culture Technique*, n° 18, 1988, p. 279-295.

du commerce (OMC) imposent progressivement une normalisation des pratiques de production, de conservation et d'étiquetage des aliments. Pour pouvoir être commercialisés, les produits alimentaires doivent correspondre aux exigences de chacun en termes d'additifs comme de traitements de conservation par exemple. De ce point de vue, la normalisation des pratiques se heurte à des cultures nationales que les organismes supranationaux ont du mal à dépasser. Des avancées significatives sont faites, notamment dans la connaissance et la liste des additifs autorisés, mais certains dossiers échouent durablement.

L'après Seconde Guerre mondiale ouvre une nouvelle ère pour les questions de consommation et d'environnement, dans laquelle les questions du risque et de la santé sont prégnantes⁵¹¹. De nouvelles instances internationales sont créées afin de coordonner des initiatives jusque là éparses : c'est le cas de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1946, qui remplace toutes les organisations sanitaires internationales, dont l'Office international d'hygiène publique⁵¹². Il lui revient désormais de donner des avis officiels et de référence internationale, sur les questions de santé.

La question des additifs alimentaires est posée lors de la 6^e session de l'Assemblée mondiale de la santé, en mai 1953, à Genève, par une délégation danoise, norvégienne et suédoise⁵¹³, qui souhaite que l'OMS coordonne les travaux et la standardisation des méthodes des laboratoires publics de santé. Appuyée par les délégués italien, indien, belge, néo-zélandais et australien, la demande suscite des commentaires inquiets sur la montée de l'emploi des additifs, en particulier des agents de conservation, dans tous les pays, et sur l'impossibilité pour les pays sous-équipés de procéder à des recherches ou des contrôles⁵¹⁴. Une année est nécessaire pour coordonner les équipes de part et d'autre et cerner le sujet.

En janvier 1954, le bureau exécutif de l'OMS considère que le sujet est à aborder dans le cadre du comité d'expert FAO/OMS sur la nutrition, et décide de collecter conjointement avec la FAO les informations sur des groupes sélectionnés d'additifs chimiques, ainsi que sur

⁵¹¹ Nathalie Jas, « Une histoire d'accommodements : la constitution d'une expertise internationale sur les additifs et contaminants alimentaires dans les années 1950 », in Soraya Boudia et Emmanuel Henry (dir.), *La mondialisation des risques. Une histoire politique et transnationale des risques sanitaires et environnementaux*, Presses Universitaires de Rennes, p. 45-60.

⁵¹² L'Office international d'hygiène publique se réunissait depuis 1909 et fut dissout en 1946.

⁵¹³ *Official Records Of The World Health Organization*, n° 48, Sixth World Health Assembly Geneva, 5 to 22 May 1953, Geneva, October 1953.

⁵¹⁴ *Official Records Of The World Health Organization*, n° 48, *op. cit.*, « International Collaboration between Hygienic - Technical Laboratories concerning Standardizing Methods and Research Work related to Food and Foodstuff », Agenda, 6.5.8, p. 217-219.

les techniques de laboratoire et la législation concernée. Il limite cependant son périmètre à l'étude des additifs chimiques incorporés volontairement dans la nourriture⁵¹⁵.

Le conseil de la FAO, lors de sa 20^e session en septembre-octobre 1954, reconnaît à son tour que « Le problème des additifs alimentaires est d'une importance croissante, en ce qui concerne à la fois la nutrition et à la production alimentaire, et la distribution » ; il demande que cette question soit prise en considération conjointement avec l'OMS et que les recommandations du Comité d'experts FAO/OMS sur la Nutrition soient suivies. En novembre suivant, lors de la 4^e session de ce comité, il est discuté de la pertinence d'une approche uniforme de ce problème. En particulier, les experts soulignent les divergences de législation très fortes appliquées ou envisagées selon les pays, les preuves contradictoires et les divergences d'interprétation, ainsi que le grave manque de données relatives à plusieurs de ces additifs, en ce qui concerne à la fois leur pureté et les risques pour la santé. Le Comité sur la Nutrition a estimé alors que les groupes concernés au sein de l'OMS ont travaillé séparément dans des domaines sensiblement identiques, ce qui a déjà conduit à un gaspillage de l'effort, sans que leurs compositions ne soient représentatives des enjeux, ce qui peut, sans coordination suffisante, entraîner des recommandations contradictoires. Il a donc demandé que les directeurs généraux de la FAO et de l'OMS organisent une conférence avec les représentants des groupes concernés par le sujet et les représentants des pays intéressés et prêts à envoyer des délégués. En conséquence, début 1955, une invitation est lancée auprès des experts des groupes travaillant sur les additifs alimentaires, ainsi qu'auprès des groupes intergouvernementaux et non gouvernementaux. L'invitation précise qu'il s'agit d'une conférence exploratoire, dont l'un des buts est de définir la contribution que l'OMS et la FAO peuvent apporter dans ce champ, et comment des consultations internationales en liaison avec les additifs alimentaires peuvent être coordonnées dans ce cadre. Il s'agit aussi de réfléchir à l'opportunité de convoquer un comité d'experts spécifique qui tenterait de fixer des principes généraux acceptables régissant l'utilisation des additifs alimentaires.

Les discussions doivent s'en tenir à la définition des additifs alimentaires établie par le comité nutrition : « substances non nutritives ajoutées intentionnellement aux aliments, le plus souvent en faible quantité, pour en améliorer l'apparence, la saveur, la consistance ou les propriétés de conservation ». Seuls les ajouts intentionnels sont pris en compte, et pas les modes de contamination accidentels, notamment par les contenants.

⁵¹⁵ *Official Records Of The World Health Organization*, n° 52, « Executive Board Thirteenth Session, Geneva, 12 January - 2 February 1954 », Resolution EB13.R47, 1954, p. 20.

2.1. La Conférence mixte FAO/OMS sur les Substances ajoutées aux denrées alimentaires : une conférence exploratoire fondamentale

La Conférence « sur les Substances ajoutées aux denrées alimentaires⁵¹⁶ » se tient à Genève du 19 au 22 septembre 1955 et douze pays participent aux travaux : Allemagne, Canada, Danemark, Égypte, États-Unis, France, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse et Royaume-Uni. Les Australiens envoient un observateur. Au total la Conférence réunit 20 membres, plus 5 observateurs et 9 membres des secrétariats et administrations de la FAO et de l'OMS. Elle est présidée par un Britannique, le Dr Norman C. Wright, Conseiller scientifique en chef (alimentation) au ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, et spécialiste de la composition du lait. A l'exception d'un représentant britannique, fonctionnaire au même ministère de l'Agriculture, les membres sont tous des scientifiques. Quatre organisations non gouvernementales sont représentées, dont deux industrielles, les deux autres relevant de la santé et de la recherche publique : la Commission internationale pour les Industries Agricoles et Alimentaires (abrégée CIIA), le Comité international permanent de la conserve (CIPC), l'Union internationale contre le cancer (UICC) et la *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG). Un certain nombre de documents préparatoires ont été remis au préalable dont un point législatif par chacun des pays participants et un rapport de la question remis par l'Union de l'Europe occidentale, laquelle a déjà travaillé sur ces questions, en particulier sur les colorants.

La Conférence émet trois types de recommandations dans les domaines législatif, scientifique et technique, et organisationnel, qui sont toutes dominées par un grand pragmatisme et une volonté d'efficacité à moindre coût. Du point de vue législatif, elle recommande la publication d'un Bulletin périodique sous l'égide de la FAO et de l'OMS, chargé de diffuser les textes législatifs et réglementaires nationaux concernant les substances ajoutées aux denrées alimentaires et accompagné d'un appareil critique expliquant les motivations et modifications apportées par ces textes. Il s'agit là de rendre public un travail déjà réalisé en interne par chacun des deux organismes, et qui a été jugé utile pour les pays membres moins avancés du point de vue législatif. Pour le mener à bien, la Conférence suggère de s'appuyer sur des organisations ou personnalités qualifiées de chaque pays.

⁵¹⁶ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques*, n°107, Conférence mixte FAO/OMS sur les substances ajoutées aux denrées alimentaires, Genève, 19-22 septembre 1955, Genève, 1956.

Dans le domaine scientifique et technique, la Conférence opte prioritairement pour la compilation et la diffusion des travaux déjà existants, sous la forme de fiches de renseignements accessibles à tous les pays membres. L'enjeu de ces fiches est néanmoins important : elles doivent préciser les propriétés physiques, chimiques, pharmacologiques et biologiques des différentes substances ajoutées aux aliments, ainsi que leurs emplois possibles, et justifier des raisons des refus et des autorisations d'utilisation, avec ou sans réserve. La seule limite imposée est les « aspects sociaux, économiques et psychologiques » nationaux qui ne doivent pas être mentionnés⁵¹⁷. Le travail européen sur la question des colorants doit servir de base à leur élaboration. Pour ce qui concerne les laboratoires d'analyse et de recherche, la Conférence mentionne l'insuffisance des moyens aux échelles nationales face à l'ampleur des études à mener, ainsi que les déséquilibres entre les pays, et, en conséquence, la nécessaire collaboration internationale à organiser. Elle suggère la réalisation d'un registre international des organisations et personnalités à même de mener des études, tout en précisant que ce travail est à ce stade encore prématuré.

Du point de vue organisationnel, la Conférence reconnaît la nécessité de créer un comité d'experts FAO/OMS « chargé de formuler des principes généraux concernant l'addition de substances étrangères aux denrées alimentaires », assisté au besoin de plusieurs groupes de spécialistes en fonction des questions à traiter. Elle émet aussi un avis d'urgence sur le besoin de définir et de diffuser des méthodes uniformes d'analyse de l'innocuité des substances : la différence entre les pays est si importante qu'il convient de donner très vite à ceux qui ne les connaissent pas les informations fiables dans ce domaine. C'est à ces conditions que les législations nationales peuvent évoluer vers une plus grande sécurité de l'hygiène alimentaire. La possibilité de prouver scientifiquement la nocivité d'un produit est nécessaire aux procédures de régulation nationales. Enfin, la Conférence note également qu'il est urgent d'organiser d'ores et déjà la relecture, par des spécialistes compétents, des fiches de renseignements prévues tant pour des questions de formes que d'appréciation des données spécifiées.

Enfin, la Conférence détermine un programme de travail qui prend en compte les faibles moyens financiers dont elle dispose et s'appuie de fait sur les compétences de la FAO et de l'OMS, ainsi que sur celles des États membres et des organisations intéressées. Dans une volonté d'efficacité, elle recommande de démarrer la réalisation des fiches par les colorants, déjà étudiés par l'Union européenne et dont beaucoup de pays révisent la législation, puis les

⁵¹⁷ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques, n° 107*, Conférence mixte FAO/OMS sur les substances ajoutées aux denrées alimentaires, Genève, 19-22 septembre 1955, Genève, 1956, p. 8.

agents conservateurs, dont l'utilisation est vitale pour certains pays en situation de pénurie, et les agents émulsifiants, dont l'usage dans les produits de boulangerie rend la question commune à beaucoup de pays. Ces priorités n'excluent pas l'examen des autres substances ajoutées volontairement, ni celui des contaminations ou « substances involontairement introduites dans les aliments telles que les traces résiduelles de produits pesticides »⁵¹⁸, qui sont finalement mentionnées en fin de rapport. Sans exprimer de position réellement volontaire à ce sujet, la Conférence admet la nécessité de « mettre au point des méthodes d'analyse appropriées pour déceler la présence de ces substances dans les aliments »⁵¹⁹.

⁵¹⁸ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques, n° 107*, Conférence mixte FAO/OMS sur les substances ajoutées aux denrées alimentaires, Genève, 19-22 septembre 1955, Genève, 1956, p. 11.

⁵¹⁹ *Ibid.*

2.2. Le Comité d'experts des Additifs alimentaires

En décembre 1956, le Comité d'experts des additifs alimentaires (JECFA⁵²⁰) est réuni à Rome avec la mission d'évaluer la sécurité sanitaire des additifs alimentaires⁵²¹. La dénomination est importante puisque l'on passe d'une conférence sur les « substances ajoutées aux denrées alimentaires » à un Comité mixte « d'experts des Additifs alimentaires ». Il s'agit là d'une reconnaissance officielle d'un nouveau type de substances particulières : les additifs alimentaires. Le Comité comporte huit membres, tous scientifiques, issus soit des établissements de recherche et d'enseignement supérieur, soit des administrations publiques en charge des questions d'alimentation. Certains étaient déjà présents lors de la Conférence sur les substances ajoutées aux denrées alimentaires, comme le Dr E. Abramson, Suédois, professeur d'hygiène alimentaire à l'Institut national de santé publique de Tomtebodå, le Dr. M. J. L. Dols, Néerlandais, professeur de bromatologie à la Faculté des sciences mathématiques et physique de l'université d'Amsterdam⁵²², conseiller général au ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation à La Haye, le Dr H. Drickey, Allemand, professeur de pharmacologie et de toxicologie au Laboratoire de la clinique chirurgicale de l'université de Fribourg-en-Brisgau, le professeur René Truhaut, Français, professeur de toxicologie à la Faculté de pharmacie de l'université de Paris, et le Dr Norman C. Wright, président de la précédente conférence. Trois membres y sont nouveaux : le Dr J. R. Vickery, Australien Chef de la division de la « Food Preservation » à la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*, le Dr B. Mukerji, directeur de l'Institut central de recherches sur les médicaments du gouvernement de l'Inde, et le Dr William J. Darby, professeur de biochimie et directeur de la Division nutrition de la *Vanderbilt University, School of Medicine*, à Nashville (Tenn.). Ce dernier est élu président du comité, et son collègue indien vice-président. Trois observateurs ont été invités par la FAO et représentent deux des organisations déjà présentes à la Conférence, le CIIA et le CIPC, une troisième est présente : l'Union internationale de chimie pure appliquée (IUPAC). Aucun représentant des associations des consommateurs ne figure parmi les membres. Enfin, cinq représentants de la

⁵²⁰ Le Comité international mixte FAO/OMS d'experts sur les Additifs alimentaires est communément désigné par son acronyme anglais « JECFA », *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Nous adoptons cet usage.

⁵²¹ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques, n° 129, Principes généraux régissant l'emploi des additifs alimentaires*, Premier rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des Additifs alimentaires, Genève, 1957.

⁵²² Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques, n° 44, Comité mixte FAO/OMS d'experts de l'alimentation et de la nutrition, Rapport sur la deuxième session, Rome 10-17 avril 1951*, Genève, 1951.

FAO et de l’OMS assurent le secrétariat. La présence de René Truhaut mérite d’être soulignée, car il est l’un des acteurs les plus importants de la recherche en toxicologie en France, mais aussi à l’étranger⁵²³.

En première partie de son rapport, le JECFA établit les « Facteurs régissant l’emploi des additifs alimentaires » dans un propos leur emploi est nuancé en fonction des zones géographiques et climatiques, et en fonction de la capacité des pays à assurer la conservation, notamment par le froid, à tous les stades de la chaîne de distribution. Cette sorte d’avant-propos permet de tolérer des quantités d’additifs et leur généralisation plus ou moins fortes selon les lieux, en particulier pour les agents antiseptiques et antioxygènes dont l’action est essentielle pour assurer la conservation et l’innocuité de certaines denrées. *In fine*, le JECFA préconise de définir l’utilisation des additifs selon les éléments suivants : « utilité technique, protection du consommateur contre les fraudes et les méthodes défectueuses de préparation et, surtout, données établissant l’innocuité de la substance »⁵²⁴.

Ce rapport du JECFA est important car il analyse les additifs alimentaires par leur utilité en fonction de leur usage dans un contexte donné. Il affirme et définit l’utilité de certains d’entre eux, et leur inutilité dans certains cas. Ainsi, il propose en première sous-partie de définir les « Motifs techniques de l’utilisation d’additifs alimentaires », pour quatre cas de figure. Dans le premier cas, il s’agit de préserver les propriétés nutritives d’un aliment, comme avec les agents antioxygènes ajoutés aux graisses comestibles pour préserver leur teneur en vitamine A, ou avec l’acide ascorbique pour augmenter le pouvoir antiscorbutique des denrées alimentaires. Dans ces deux cas, le texte insiste sur un usage particulier, réservé au cas des populations confrontées aux problèmes de malnutrition et dans l’incapacité à compenser les manques par d’autres aliments. En deuxième lieu, leur emploi peut permettre de diminuer les pertes des récoltes en stabilisant les denrées ou en améliorant leurs qualités de conservation. Les experts font allusion à de nombreux additifs possibles : agents antioxygènes, antiseptiques, gaz inertes, agents de conservation des viandes ou épices. Le troisième motif technique « Augmentation de l’attrait des denrées pour le consommateur⁵²⁵ » est plus

⁵²³ René Truhaut fut l’un des pères fondateur de l’« écotoxicologie » dont il proposa le nom en 1969 à Stockholm lors d’une réunion du Conseil International des Unions Scientifiques. En 1960, il succéda à René Fabre à la chaire de Toxicologie de l’université de Paris où il contribua à former une génération importante de chercheurs jusqu’en 1978. En 1972, il fonda l’International Academy of Environmental Safety avec les professeurs américain Frédéric Coulston et ouest-allemand Friedhelm Korte. Il eut également une carrière internationale remarquable dans les instances officielles comme l’OMS, au Conseil de l’Europe, à l’Union internationale contre le Cancer, à l’Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée... Léopold Molle, « Éloge du Professeur René Truhaut », *Revue d’histoire de la pharmacie*, 72^e année, n° 262, 1984, p. 340-348. Il est présent à toutes les sessions du JEFCA.

⁵²⁴ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques*, n° 129, *op. cit.*, p. 7 et suivantes.

⁵²⁵ *Ibid.*, p. 9.

discutable, car il ne répond pas à une nécessité vitale. Il concerne les colorants, les agents d'aromatisation, les émulsifiants, les fixateurs, les épaississants et les agents de blanchiment et de clarification. Le propos est ici intéressant, car il justifie le recours à ces pratiques uniquement par le goût du consommateur, sans émettre de doute sur la capacité des industriels à orienter cette appétence :

« L'intérêt de la coloration artificielle des denrées vient surtout du fait qu'un aliment qui a perdu sa couleur habituelle risque de ne plus présenter le même attrait pour le consommateur... Dans bien des cas, l'emploi de ces agents dans la fabrication est une condition indispensable à l'écoulement des produits. D'autre part, pour donner satisfaction aux consommateurs qui désirent que telle denrée soit incolore, qui préfèrent que tel aliment, telle boisson, ait une consistance donnée, ou qui veulent une boisson limpide ou des aliments présentant telles propriétés particulières, l'industrie alimentaire a été amenée à utiliser d'autres additifs comme les agents de blanchiment, les épaississants et les clarifiants. »⁵²⁶

La seule réserve émise concerne la possibilité de fraude ou de tromperie du consommateur, contre laquelle l'étiquetage des produits alimentaires doit contribuer à lutter. Enfin, le quatrième cas est celui des « Apports d'adjuvants nécessaires à l'industrie alimentaire ». Sans donner d'exemples concrets, le rapport accepte cet usage pour « certains procédés modernes de fabrication » parce que ceux-ci permettent de fabriquer, à qualité constante et de façon économique, des volumes importants d'aliments et que cela reste circonscrit dans le temps – « certaines saisons » – et l'espace – « une seule branche de l'industrie alimentaire donnée ». Le type d'adjuvants est en revanche illimité : fixateurs, clarifiants, oxydants, séparateurs, acides, bases, sels tampons, « etc. » et laisse en conséquence libre cours à tout progrès dans ce champ.

Dans une deuxième sous-partie, le rapport détaille les « Cas dans lesquels les additifs alimentaires ne devaient pas être employés », en dehors des problèmes de toxicité aiguë ou chronique. Ce sont les cas de préjudices aux intérêts des consommateurs : dissimulation des effets de techniques défectueuse de fabrication, volonté d'induire le consommateur en erreur, atteinte à la valeur nutritive d'un aliment, substitution à un procédé sans additif pourtant performant. En exemples donnés à l'appui de ces quatre cas de figure figurent le recours abusif aux arômes de synthèse, la dissimulation du manque d'hygiène et la substitution d'une substance non nutritive à une nutritive (cas du sucre et de la gélatine). Enfin, le rapport

⁵²⁶ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques, n° 129, op. cit.*, p. 9.

affirme la préférence pour des techniques de conservation comme le froid qui n'induit aucun ajout d'additif.

La troisième sous-partie du rapport traite de « L'innocuité des additifs alimentaires » avec une déclaration ferme « L'innocuité est une considération primordiale ». La recherche toxicologique est jugée indispensable pour s'en assurer et le JECFA signale la création d'un comité technique dédié à cette question. Néanmoins il prend des positions importantes sur les conditions d'autorisation de mise sur le marché qui doivent faire l'objet d'une procédure d'agrément sur avis d'experts scientifiques, et sur la nécessité de maintenir « une surveillance permanente » pour chaque additif, en fonction des progrès scientifiques réalisés dans leur analyse. Le JECFA préconise de tenir compte des populations les plus sensibles, selon les aires géographiques, en particulier de celles souffrant de malnutrition. Il insiste sur la notion de quantités autorisées au regard des quantités ingérées, en fonction d'expériences longues, à mener sur des animaux. Il demande de tenir compte des effets des additifs sur certains aliments susceptibles d'être altérés sans devenir nocifs et souhaite également que soit étudiée la question des interactions possibles entre produits. Enfin, cette partie se termine par le souhait de voir se développer la coopération internationale dans ce domaine. Ce paragraphe est sans doute le plus important du rapport, une sorte de manifeste des chercheurs.

La deuxième grande partie du rapport aborde la question du contrôle des additifs alimentaires, un élément essentiel dans le dispositif de régulation. Le JECFA souhaite que ne soit accepté l'emploi d'un nouvel additif que pour ses qualités supérieures à ceux déjà existants et pour les avantages en coût et qualité des aliments qui peuvent en découler pour le consommateur, sans que la santé de ce dernier n'en pâtisse. De même, selon le JECFA, l'usage d'additifs ne doit concerner qu'un nombre restreint d'aliments, et le moins possible ceux destinés aux enfants et ceux de consommation courante. Les quantités d'additifs autorisés doivent être fixées en fonction de considérations propres à la substance (ses effets à haute dose, par exemple) mais aussi externes, telles que le régime alimentaire des populations concernées, l'accumulation des additifs *via* les types d'aliments ingérés et leur combinaison entre eux. En conséquence de la multiplication des additifs et de la facilité de leur production, le comité alerte sur la question de la composition et sur la pureté indispensable de ces substances et suggère que la législation s'empare du problème en imposant une quantité maximum d'impuretés organiques par additif, notamment en arsenic et métaux lourds. La question de la législation est jugée essentielle, tant pour réguler l'usage des additifs que pour exercer des contrôles sur les denrées en disposant d'un réseau de laboratoires bien équipés avec du personnel spécifiquement formé à des méthodes rigoureuses et standardisées. Le Comité préconise un

fonctionnement sur le principe de la liste des substances autorisées – et non des substances interdites –, qui permet de garder le contrôle du nombre et de la nature des additifs commercialisés. Ce système impose aux fabricants d’apporter la preuve de l’innocuité de l’additif et autorise les laboratoires publics à le contrôler avant son emploi. En conséquence, la composition des additifs doit être connue avec exactitude, de façon à être sûr que « l’additif soumis à l’épreuve [soit] bien celui qui est incorporé aux aliments »⁵²⁷. Dans les pays les moins bien équipés en laboratoires de contrôle, le comité suggère de limiter le nombre des additifs à ceux les plus faciles à contrôler et « offrant des marges de sécurité particulièrement larges »⁵²⁸. Enfin, la question de l’information des consommateurs est abordée avec une certaine ambivalence qui montre à quel point ceux-ci sont considérés avec circonspection par les scientifiques et avec méfiance par les industriels :

« Le Comité a reconnu qu’en principe les consommateurs devraient être avertis de la présence d’additifs dans leurs aliments. [...] La plupart des consommateurs ignorent la nature et l’utilité des additifs ; c’est donc jeter la confusion et la méfiance dans les esprits que d’imposer l’obligation légale de mentionner le nom chimique et la concentration d’additif employé⁵²⁹ ». Des mentions simples étaient préconisées sur l’étiquetage telles que « colorant artificiel ajouté ».

Le texte détaille le cas des États-Unis où l’étiquetage n’est obligatoire que pour certaines catégories d’additifs, et où le public peut s’informer, par une démarche volontaire, de la liste des ingrédients autorisés dans l’alimentation.

En conclusion, le rapport formule un certain nombre de recommandations, déjà précédemment exprimées, à la FAO et à l’OMS, telles que la poursuite de la publication des textes législatifs et des données scientifiques sur les additifs alimentaires, et la poursuite des consultations auprès des organisations gouvernementales ou non gouvernementales. Il demande la tenue d’une deuxième session du Comité pour aborder la question des méthodes à préconiser pour les essais toxicologiques. Enfin, il émet le souhait inédit qu’une étude soit menée sur les normes de pureté des additifs et leurs méthodes d’analyse.

Logiquement, le deuxième rapport du JECFA, publié en 1958, est consacré aux moyens et aux méthodes d’analyse toxicologique. Dix membres participent à sa rédaction, dont trois seulement sont présents dans le premier Comité : Abramson, Mukerji et Truhaut. Parmi les sept autres nouveaux membres figurent deux Britanniques, un Néo-zélandais, un Canadien et

⁵²⁷ Organisation mondiale de la santé, *Série de rapports techniques*, n° 129, *op. cit.*, p. 16.

⁵²⁸ *Ibid.*, p. 21.

⁵²⁹ *Ibid.*, p. 20.

deux Américains, dont un chercheur venu de l'industrie : le Dr H. C. Spencer, responsable des recherches alimentaires au *Biological Research Department* de la *Dow Chemical Company*. Rappelons que Dow a été pionnière dans la mise en place d'un laboratoire de toxicologie industrielle, avec Du Pont et Union Carbide, à la fin des années 1930, aux États-Unis. Ce document, rédigé par des chercheurs pour des chercheurs mais aussi pour des administratifs en charge de ces questions, se veut à la fois pédagogique et assez détaillé, avec une bibliographie pour approfondir certains aspects. Les rédacteurs y insistent sur la nature des moyens dont doivent disposer les chercheurs en charge des analyses, notamment en ce qui concerne l'élevage des cobayes. Ils affirment également la nécessité pour les chercheurs de disposer d'une palette de tests possibles, et non pas de se voir imposer l'une ou l'autre des méthodes. La liberté du chercheur est clairement revendiquée, dans la limite des protocoles d'études et de l'interprétation des résultats communs. Le choix de la durée des tests est particulièrement important, et l'on voit établie la nécessité de pouvoir mener des expériences sur une ou plusieurs générations successives d'animaux. Le chercheur, dans son travail, doit raisonner en tenant compte d'une notion récemment introduite dans les références des chercheurs : la dose quotidienne d'additif susceptible d'être ingérée par le consommateur, ou *Dose journalière acceptable*, une référence conçue par René Truhaut en 1956⁵³⁰. Parmi leurs demandes, celle de voir diffuser plus largement les résultats de travaux non publiés est importante, car le soutien d'un organisme international reconnu et légitime dans cette démarche peut la rendre effective et efficace.

Dans les années qui suivent, le JECFA a poursuivi ses travaux en s'appuyant sur les études des organismes nationaux et internationaux spécialisés dans les questions abordées et a publié une quinzaine de rapports entre 1957 et 1972.

2.3. Le *Codex Alimentarius* : un outil de référence international

En 1961⁵³¹, un pas important est franchi avec la décision de mettre en place une nouvelle organisation, le *Codex Alimentarius*, dont la création a été prévue initialement au niveau européen⁵³². Le *Codex* désigne le recueil des normes édictées, mais l'habitude a été prise de

⁵³⁰ Léopold Molle, « Éloge du Professeur René Truhaut », *op. cit.*

⁵³¹ Résolution 12/61 de la 11^e session de la conférence de la FAO et recommandation conjointe FAO/OMS de 1962 sur les normes alimentaires.

⁵³² Pierre-Marie Vincent, *Le droit de l'alimentation*, PUF, Paris, 1996.

désigner aussi l'organisation par ce terme. Réunie pour la première fois en 1963⁵³³, la commission du *Codex Alimentarius* est un programme mixte de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organisation, FAO) et de l'Organisation mondiale de la Santé. Son rôle était – et est encore – consultatif, notamment dans le cadre du programme d'études des normes alimentaires instauré par les deux organisations et dont l'objet est de « protéger la santé des consommateurs et assurer des pratiques loyales dans le commerce alimentaire⁵³⁴ ». Le *Codex* est organisé en comités verticaux dédiés par famille de produits (« sucres », « fruits et légumes traités », « nutrition et aliments diététiques », etc.) et en comité horizontal pour traiter des questions générales ou transversales : c'est le cas notamment des « additifs alimentaires et contaminants » et de l'« hygiène alimentaire ». Il comporte également des comités régionaux, chargés de préparer les dossiers traités dans les comités verticaux et horizontaux et composés des pays intéressés à la thématique donnée. Le dispositif est complété par des groupes d'experts CEE-NU/Codex et des Comités scientifiques d'experts à la réputation mondiale dont le rôle est essentiel.

Comme pour le JECFA, son mode de fonctionnement repose sur des représentants des gouvernements et des organisations non gouvernementales, ainsi que sur des experts qui peuvent être issus du monde de l'industrie. De fait, la présence de ces derniers soulève le problème de la place des entreprises dans le dispositif sur lequel les spécialistes des sciences de gestion et des sciences juridiques se sont penchés. George G. Stigler⁵³⁵, en 1971, a considéré que la relation entre administration et entreprises nationales pouvait aller jusqu'à la coopération étroite. Celle-ci n'est cependant pas assimilable à la théorie dite de la « capture réglementaire », qui existe lorsque l'influence de l'entreprise sur le régulateur est telle que celle-ci acquiert un certain contrôle sur la réglementation auquel elle est assujettie. Au sein du *Codex*, chaque administration nationale n'est qu'une des parties de la décision réglementaire, à charge pour elle d'œuvrer à des alliances car les décisions sont prises par consensus. Il s'agit donc de défendre, par une coopération entre entreprises et administration, une position donnée face à d'autres États, et non de protéger, par la réglementation, des entreprises en situation de rente⁵³⁶. Il est intéressant de constater que la coopération entre administration et

⁵³³ Maryvonne Lassalle de Salins, « Les délégués des États dans les processus décisionnels des organisations intergouvernementales : la défense d'une position nationale au sein du *codex alimentarius* », *Revue française d'administration publique*, 2008/2, n° 126, p. 387-406.

⁵³⁴ Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Commission du *Codex Alimentarius*, *Manuel de procédure*, 15^e ed., Rome, OMS, FAO, 2005, p. 3.

⁵³⁵ George G. Stigler, « The Theory of Economic Regulation », *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 2, n°1, Spring, 1971, p. 3-21.

⁵³⁶ Maryvonne Lassalle de Salins, « Les délégués des États dans les processus décisionnels des organisations intergouvernementales... », *op. cit.*

entreprise était/est encore vue comme le modèle de fonctionnement le plus harmonieux : l'expertise scientifique et technique des entreprises est considérée comme irremplaçable et permet de défendre les positions nationales en fonction des négociations. Les administratifs doivent, en même temps, préserver leur indépendance et la sécurité alimentaire avant tout. Reste que ce mode de collaboration repose sur des relations fortement interpersonnelles construites progressivement et de façon informelle. Comme l'a déjà souligné P.-A. Dessaux⁵³⁷ dans son analyse des acteurs de la loi de 1905, et des enjeux de la création de la Croix-Blanche de Genève, les administrations publiques avaient/ont tout intérêt à recourir aux compétences scientifiques et techniques des industriels, comme à leur connaissance des marchés et de leurs acteurs.

3. LA PERCEPTION DU « RISQUE » ALIMENTAIRE ET SANITAIRE DANS LES ANNÉES 1970

L'après-Seconde Guerre mondiale est marquée par la place grandissante des associations de consommateurs dans le paysage économique. Elle voit aussi s'amplifier le recours aux enquêtes d'opinion, dont les thématiques dépassent largement le cadre de la consommation. Connaître l'opinion publique, en quantifier les avis, est désormais rendu possible par l'invention du sondage, dans les années 1930⁵³⁸. L'opinion publique devient un objet d'étude, avec le postulat de son instabilité que l'on retrouve dans le vocable anthropomorphique : on prend son pouls ou sa température, on évoque le baromètre ou le thermomètre de l'opinion. Sa scientificité a été construite progressivement en plongeant ses racines dans une double méthodologie journalistique et marketing (les études de marchés). Les premières applications des sondages apparaissent dans les journaux américains en 1935, sous la forme de rubriques « the Fortune Survey » (Elmo Roper pour *Fortune*) et « America Speaks » (George Gallup, pour le *Washington Post*).

Le secteur s'est structuré à l'échelle internationale avec la création du Congrès international de l'opinion publique en 1945 aux États-Unis, lequel s'est réuni alternativement aux États-Unis et en Europe sous deux noms : la Commission européenne pour l'étude de l'opinion publique et des marchés (ESOMAR) et l'Association mondiale pour l'étude de l'opinion publique (WAPOR)⁵³⁹.

⁵³⁷ Pierre-Antoine Dessaux, « Comment définir les produits alimentaires ?... », *art. cit.*

⁵³⁸ Loïc Blondiaux, *La fabrique de l'opinion, Une histoire sociale des sondages*, Paris, Seuil, 1998.

⁵³⁹ Henri Bunle et Claude Levy, « Histoire et chronologie des réunions et congrès internationaux sur la population », *Population*, 9^e année, n°1, 1954, p. 9-36, et « Annexe : Liste supplémentaire par matière, de divers congrès internationaux intéressant la population », *Population*, 9^e année, n°1, 1954, p. 37-44.

Dans le cas de la cellophane et de l'emballage alimentaire, l'opinion du consommateur est dès l'origine essentielle et prise en compte. Ce sont les consommatrices que les industriels de l'emballage cherchent à connaître car ce sont à elles que s'adresse le nouveau produit. Un certain nombre d'études de comportement, formelles ou informelles, les ciblent et sont gardées dans les archives de l'entreprise Du Pont. Elles sont soit menées en interne par le biais des agents commerciaux de la Cellophane Company, soit externalisées auprès de sociétés sous contrat exclusif avec l'entreprise. Nous les avons mentionnées précédemment. On y trouve également des enquêtes plus vastes, réalisées à la demande des organismes professionnels comme la Society of the Plastics Industry (SPI). Elles sont importantes à la fois par le panel des sondés et les thématiques abordées, même si ces sources sont à étudier avec précautions car biaisées par principe par la demande et la nature du commanditaire.

Or, jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, la production de cellophane a pu compter sur le soutien des mouvements de consommateurs et de consommatrices, dans la mesure où la transparence du matériau permettait de voir et apprécier le produit contenu⁵⁴⁰. Ce confort a été vu comme un progrès significatif. Les emballages, totalement ou en partie transparents (des systèmes de fenêtres sont mis au point), peuvent aussi recevoir les indications sur les contenus rendues obligatoires en 1939 par la Food and Drug Administration⁵⁴¹. Après-guerre, le regard sur les matériaux d'emballage comme sur l'emballage alimentaire d'une façon générale change, notamment en raison de la pollution qu'ils engendrent. C'est ce changement qu'il s'agit de comprendre. Saisir le point de vue des consommateurs sur les matériaux et sur leurs dangers avérés ou non, comprendre la portée des polémiques scientifiques et leur impact sur le grand public de même que les manières de penser des sondés sont rendus possible par l'analyse des enquêtes d'opinion⁵⁴².

⁵⁴⁰ « The Consumer Wants to Know », *Bulletin*, n°65-KK, May 7, 1935 ; « Consumer Survey on Butter », *Bulletin*, n° 62-KK, May 3, 1935 ; « Cashing in the Consumer-Wants-to-Know Mouvement », *Bulletin*, n° 91-NN, September 10, 1938 ; « They asked Mrs. America », *Bulletin*, n° 17-PP, February 22, 1939. Carroll Burton Larrabee, « Why packaging is vital », *Printers' Ink*, June 21, 1934.

⁵⁴¹ « Food, Drug and Cosmetic Act Regulations (the candy industry) », *Bulletin*, n° 13-PP, January 3, 1939 ; « Federal Food, Drug and Cosmetic Act », *Bulletin*, n° 31-PP, March 28, 1939 ; « Use of Colored "Cellophane". Federal Food, Drug and Cosmetic Act » *Bulletin*, n° 33-PP, March 30, 1939 ; « Federal Food, Drug and Cosmetic Act. The Candy Industry », *Bulletin*, n° 74-PP, July 14, 1939 ; « Federal Food, Drug and Cosmetic Act. Baking industry », *Bulletin*, n° 144-PPP, December 21, 1939.

⁵⁴² Loïc Blondiaux, *La fabrique de l'opinion, op. cit.* Jacques Antoine, *Histoire des sondages*, Paris, Odile Jacob, 2005.

3.1. Les plastiques aux États-Unis dans les années 1970

Les enquêtes d'opinion réalisées pour le Syndicat des producteurs de plastiques américain (Society of the Plastics Industry, SPI) en 1972 et 1975 offrent un terrain de réflexion fécond pour comprendre à la fois le positionnement d'une industrie face aux risques industriels – pourquoi solliciter de telles enquêtes, et à quelles fins ? Quelle définition des risques ? – et la perception du/des risque(s) par les personnes interrogées – quel panel, quels résultats ? Elles permettent également de s'interroger sur la sensibilité de l'opinion publique à ces questions et sur les stratégies mises en place par les entreprises pour anticiper, gérer ou résoudre les crises qui en résultent. La question du risque industriel est omniprésente dans ces enquêtes, et elle peut être résumée par cette question posée en 1975 : « L'utilisation des plastiques devrait-elle être réduite en raison des risques inhérents à leur fabrication ou à leur usage ? ». Les réponses permettent alors de cerner la nature et le degré de conscience du risque industriel dans l'esprit du public.

Au sein de la SPI, trois types d'acteurs sont mobilisés par le projet : le Public relation Committee, le Steering Committee staff (comité de pilotage) et le cabinet de conseil en relations publiques du Comité, l'agence Hill & Knowlton⁵⁴³. Ce partenaire n'est pas choisi au hasard ; fondée par John Hill et Don Knowlton aux États-Unis en 1927, cette agence est particulièrement réputée pour avoir aidé l'industrie du tabac américaine à sortir de la crise de confiance des années 1950, survenue après la publication dans le *Reader's Digest*, en 1952, par le journaliste Roy Norr, d'un compte rendu de l'ouvrage intitulé « Cancer by the Carton » – le cancer par la cartouche de cigarettes. Cet article a connu un large retentissement dans la presse grand public, dont la presse féminine, et a provoqué une forte chute des ventes. L'agence Hill & Knowlton a surtout souligné le fait que la suspicion contre le tabac a été alimentée par les campagnes publicitaires des industriels eux-mêmes, et qu'il fallait y remédier en évitant de recourir aux arguments publicitaires de type médical. L'expertise sanitaire de ce cabinet dans la gestion de ce type d'affaires est donc avérée⁵⁴⁴.

⁵⁴³ Richard W. Pollay, « Propaganda, Puffing and the Public Interest », *Public Relations Review*, vol. XVI, n° 3, Fall 1990, p. 39-54. Pollay a mené son étude sur l'industrie du tabac à partir des archives privées de l'agence.

⁵⁴⁴ Karen S. Miller, *The Voice of Business. Hill & Knowlton and Postwar Public Relations*, Chapel Hill, The University of North Carolina Press, 1999.

a/ L'enquête de 1972 : connaître l'adversaire

La première enquête d'opinion conservée dans les archives de la SPI est menée entre le 19 janvier et le 4 février 1972⁵⁴⁵. Elle fait suite à une recherche pilote préalable, réalisée avec des sondages à petite échelle effectués auprès d'habitants de New York City et de Denver : leader de quartier, fonctionnaires en charge de la gestion des déchets solides, journalistes et éditeurs spécialisés sur l'environnement. L'enquête de 1972 a une plus grande ampleur par le nombre de personnes interrogées. Elle est menée par des membres de l'Opinion Research Corporation, un institut de sondage privé créé en 1938 par Claude Robinson et George Gallup, pionniers dans ce secteur.

Encadré. George Gallup

George Gallup est une figure emblématique de l'histoire des sondages, doublement diplômé en psychologie et journalisme, avec une thèse consacrée aux méthodes d'évaluation des pratiques de lecture de la presse⁵⁴⁶. Il a été professeur de journalisme et de publicité à l'université avant de devenir directeur de la recherche d'une très importante agence de publicité new-yorkaise. Sa thèse lui a valu une certaine notoriété dans le milieu de la publicité qui cherchait à comprendre, rationaliser et quantifier le comportement des consommateurs face à la publicité. Son nom est associé étroitement et identifié aux techniques de sondage aux États-Unis comme en Europe. La théorie de Gallup repose en grande partie non pas sur le nombre mais sur la qualité et la nature de l'échantillonnage, en fonction de l'enquête à mener. Pour des élections, Gallup énonce ainsi en 1938 : « Pour être un indicateur fidèle de l'opinion publique, l'échantillon doit inclure les opinions des membres de tous les partis politiques, des riches et des pauvres, des jeunes et des vieux, des hommes et des femmes, des fermiers et des habitants de la ville, des personnes de toutes croyances religieuses ; en résumé, des électeurs de tous types en provenance de chaque État du pays⁵⁴⁷ ». La question de la représentativité des personnes interrogées a suscité de nombreux débats et l'élaboration de critères a divergé selon les instituts de sondage. En 1972, 34 ans plus tard, ce point est toujours l'objet d'un développement méthodologique précis, cette fois-ci appliqué aux plastiques et à l'environnement.

⁵⁴⁵ *The General Public Appraises Plastics and the Plastics Industry*, by Walter R. Barlow, President, Research Strategy Corporation and Joseph R. Goeke, Vice President, Opinion Research Corporation, 1972. Non publié, Hagley Museum & Library.

⁵⁴⁶ George Gallup, *An Objective Method for Determining Interest in the Content of a Newspaper*, Ph. D. Dissertation, State University of Iowa, 1928, cité par Loïc Blondiaux, *La fabrique de l'opinion*, op. cit., p. 159.

⁵⁴⁷ « Gallup explains the opinion sampling », *The New York Times*, 17 mai 1938, cité par Loïc Blondiaux, *La fabrique de l'opinion*, op. cit., p. 174.

L'échantillon de 2056 personnes, hommes et femmes âgés de plus de 18 ans, est réparti sur l'ensemble du territoire des États-Unis, et issu de la sphère privée. Si Gallup peut interroger entre 3 000 et 50 000 personnes, la norme s'établit progressivement à pas moins de 2000 personnes dans les années 1940, puis diminue sous la barre de 1 000 personnes. La méthodologie mise en œuvre est très intéressante, car les sondeurs ont systématiquement identifié et distingué, au moment de procéder aux entretiens, différentes catégories de profils : les personnes ordinaires, des leaders d'opinion (12 % environ) et des activistes environnementaux (5 % environ). L'attention de la SPI est attirée expressément sur les réponses de ces deux groupes, dont le point de vue, selon les instituts de sondage, doit prévaloir dans les années ultérieures à l'enquête : « Il est presque axiomatique, dans le domaine de la formation d'opinion, que ce que les minorités les plus influentes, les mieux informées et impliquées pensent et croient aujourd'hui tend à devenir le modèle général de la pensée de demain »⁵⁴⁸. On comprend ici les raisons qui ont pu motiver la SPI dans sa volonté d'anticiper l'évolution de l'opinion publique à son égard.

Quels sont les objectifs de cette étude selon la SPI ? Le rapport est de ce point de vue très clair sur la mission de départ : il s'agit de connaître l'opinion des personnes les plus influentes, « source potentielle de difficultés pour le Comité qui cherche un large soutien public pour son programme de développement ». Les résultats de l'étude sont divisés autour de cinq thèmes⁵⁴⁹ dont la liste montre la double préoccupation des industriels : comprendre l'environnement social et le regard de la société sur son activité d'une part, et saisir les enjeux liés au problème du traitement des déchets ménagers d'autre part.

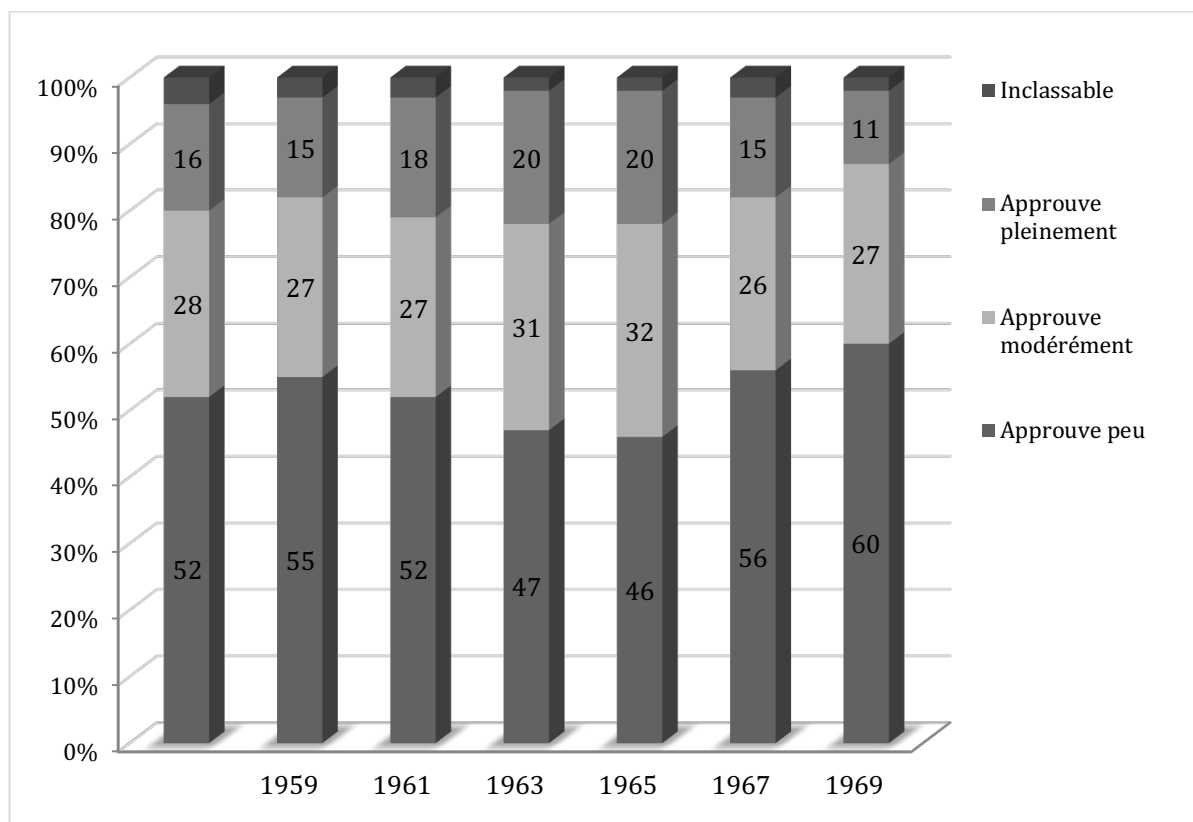
L'industrie des plastiques et plus largement celle de la chimie sont, au début des années 1970, en pleine croissance et les investissements en recherche et développement y sont très importants⁵⁵⁰. L'agrandissement et la construction d'usines, le développement de nouveaux produits doivent se poursuivre dans un climat favorable. Or les enquêtes d'opinion réalisées montrent une dégradation de l'image des entreprises dans le public américain depuis 1962, visible dans le schéma suivant :

⁵⁴⁸ *The General Public Appraises...*, *op. cit.*, p. IX.

⁵⁴⁹ Le climat général des affaires en 1972 / L'image des plastiques dans l'emballage / Le problème du traitement des ordures et le rôle qui joue l'emballage selon le public / Les plastiques et l'environnement / Les solutions au problème du traitement des ordures, en particulier le recyclage.

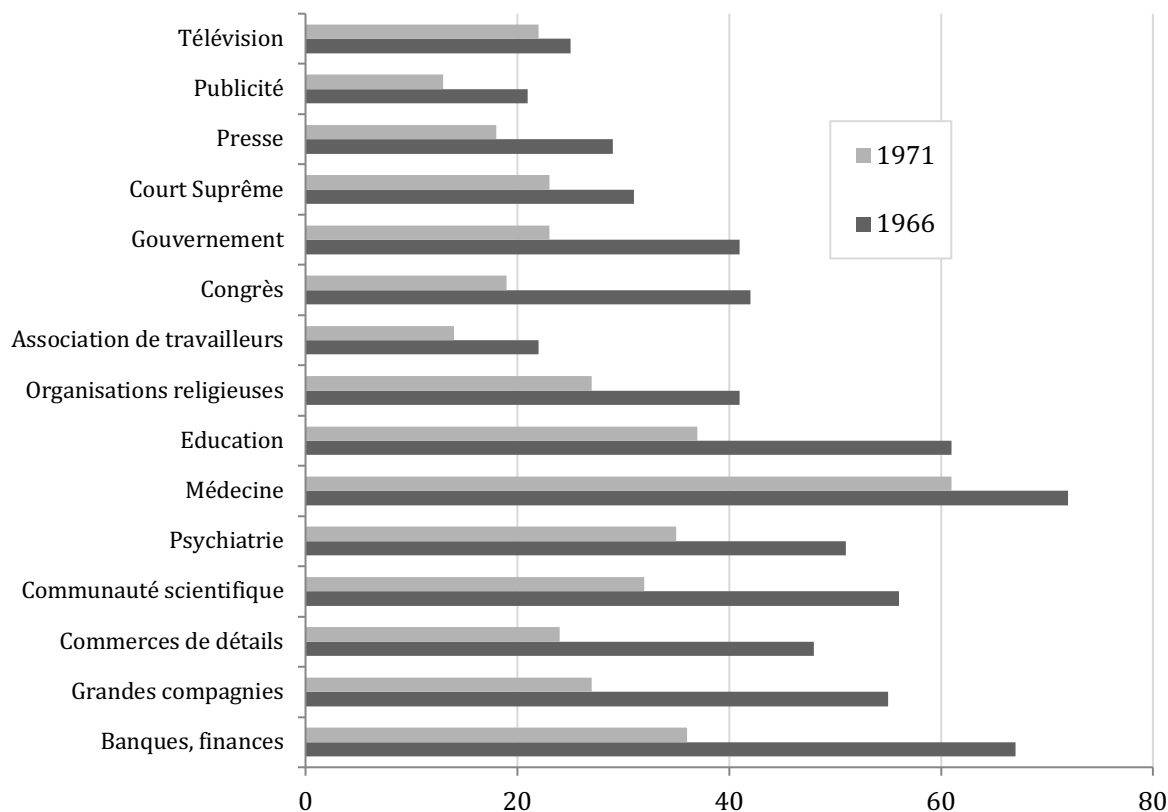
⁵⁵⁰ David A. Hounshell & J. K. Smith Jr., *Science and Corporate Strategy*, *op. cit.* ; Pap Ndiaye, *Du nylon et des bombes*, *op. cit.*

Fig. 12. Évolution de l'opinion du grand public sur le monde des affaires selon les enquêtes de Opinion Research Corporation.



Graphique réalisé d'après *The General Public Appraises..., op. cit., 1972, p. 12.*

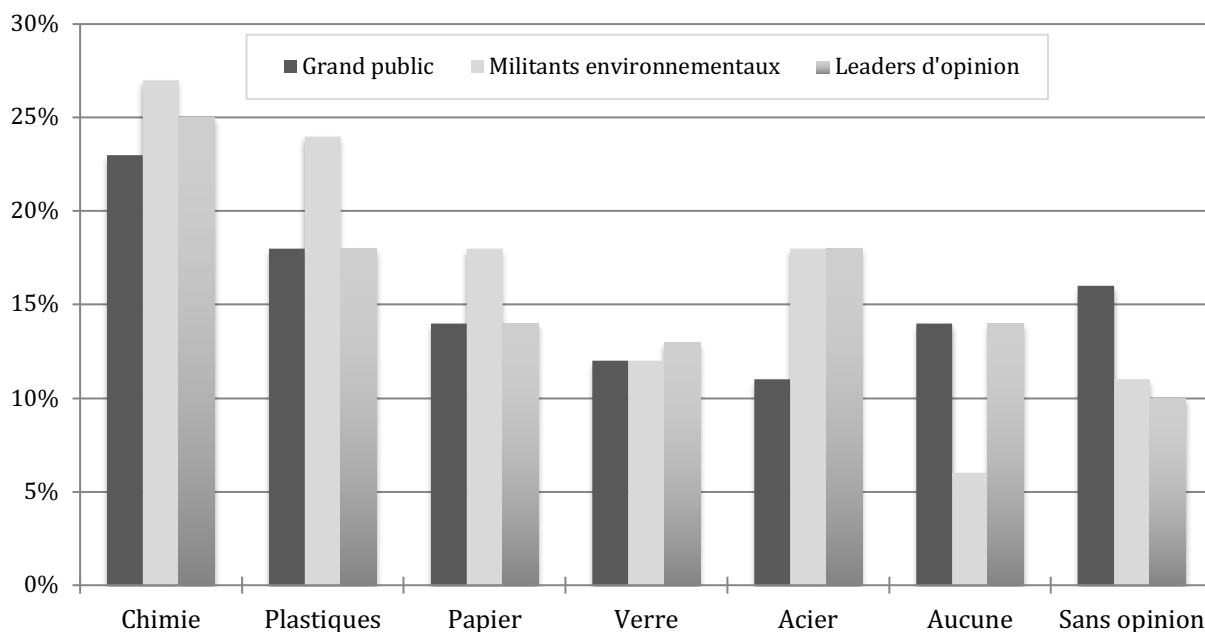
Cette analyse a fait l'objet d'une communication de Thomas W. Benham, président de l'institut de sondage Opinion Research Corporation, à la Maison Blanche, en février 1972, dans laquelle il a estimé que l'image de certaines grandes entreprises avait même chuté de 20 % entre 1969 et 1971. L'institut Louis Harris a fait la même analyse dans un sondage publié dans le *New York Post* en octobre 1971, qui a mis en évidence une crise de confiance généralisée des Américains dans leurs institutions, avec des différences significatives selon les domaines : le secteur de la santé bénéficie d'un capital confiance encore important (72 % en 1966 et 61 % en 1971), tandis que les grandes compagnies passent de 55 % à 27 %, soit une chute de 50 %.

Fig. 13. Pourcentage du grand public ayant une forte confiance dans les institutions suivantes

Graphique réalisé d'après un sondage Louis Harris, *The New York Post*, October 1971.

Dans l'enquête de 1972, l'analyse est affinée : le sondage a d'abord pour objet de comprendre le point de vue de la population sur différents secteurs industriels, tous producteurs de matériaux d'emballage (chimie, plastique, papier, verre et acier). Les sondés ont à répondre à des questionnaires à choix multiples⁵⁵¹. Parmi les 10 secteurs économiques les plus appréciés, la chimie arrive en avant dernière position avec seulement 32 % d'avis favorables, juste avant l'industrie du tabac (22 %). Les branches les plus populaires sont : télécommunications (64 %), électricité et banque (58 %), suivies de l'aluminium (47 %), de l'électronique (46 %) et de l'acier (43 %). L'analyse fine des réponses par catégorie souligne des différences notables selon les catégories dégagées, visibles dans le schéma ci-dessous :

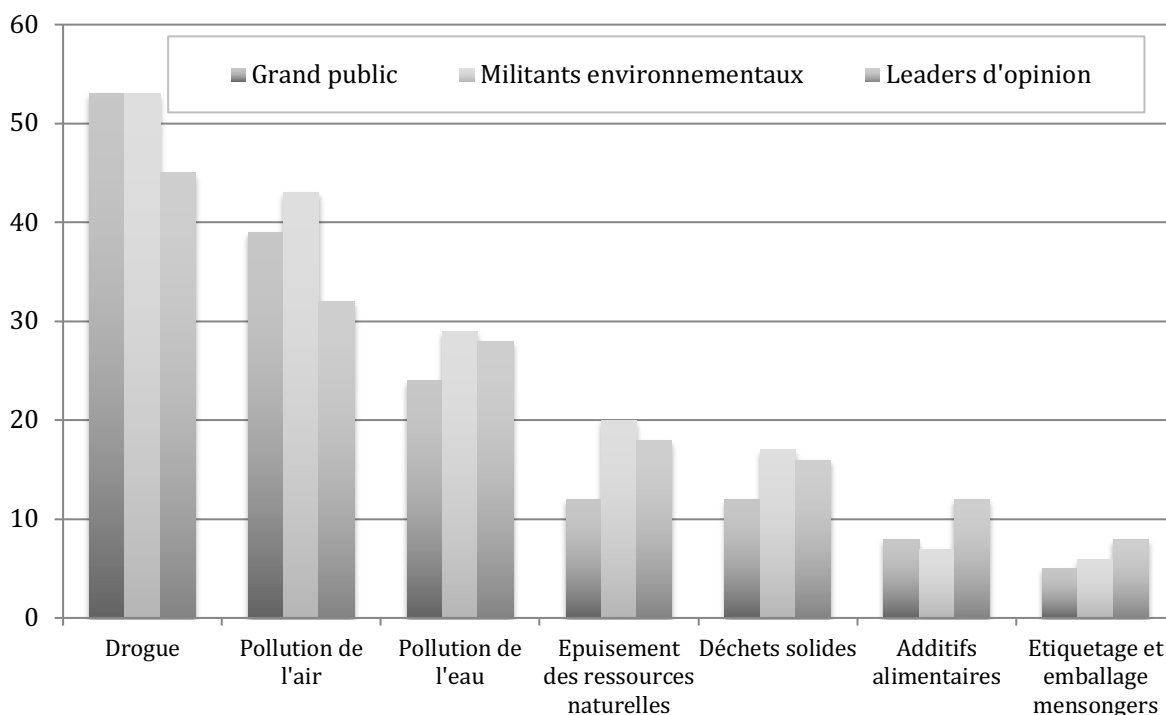
⁵⁵¹ Le type de questions – ouvertes ou fermées – est important dans les sondages, et le débat entre partisans de l'une ou l'autre solution est vif. Ici, le questionnaire à choix multiples permet d'affiner les réponses mieux que le oui/non et de traiter ensuite les réponses par la statistique. Cf. Loïc Blondiaux, *La fabrique de l'opinion*, op. cit., p. 178 et suiv.

Fig. 14. Les industries les moins bien considérées (choix multiple possible), 1972

Graphique réalisé d'après *The General Public Appraises...*, *op. cit.*, p. 7.

A cet aperçu global il faut ajouter la liste des préoccupations les plus importantes dans l'opinion publique à cette date : les problèmes de drogue arrivent en première position, avec 53 % de réponses à la fois dans le grand public et chez les militants environnementaux. Pour le grand public, viennent ensuite l'inflation (42 %) puis la pollution de l'air (39 %), l'éducation (26 %), le Vietnam (25 %) et la pollution de l'eau (24 %) à égalité avec la délinquance juvénile. Sur les 17 thèmes retenus dans l'étude, huit concernent des problèmes sociaux (discrimination contre les femmes et les noirs par exemple), deux la politique (engagement au Vietnam et insoumission) et six l'environnement et/ou l'emballage alimentaire. Sur ce dernier sujet, les différences de réponses entre les trois catégories distinguées sont complexes à interpréter : les militants environnementaux placent la question de l'épuisement des ressources naturelles en huitième position, avec 20 % de réponses positives, quand elle n'occupe que la neuvième place pour les leaders d'opinion (18 %) et la dixième pour le grand public (12 %). Le problème des déchets est en 11^e place pour tous, mais les taux de réponses varient sensiblement : 17 % pour les militants, 16 % pour les leaders d'opinion, 12 % pour le grand public. Enfin, on note les mêmes écarts sur la question des additifs alimentaires et de l'étiquetage/emballage mensonger.

Fig. 15. Réponse des sondés à la question : « Quels sont les problèmes par lesquels je me sens personnellement concerné ? ». Sélection effectuée dans une liste, choix multiple possible



Graphique réalisé d'après *The General Public Appraises...*, *op. cit.*, p. 29.

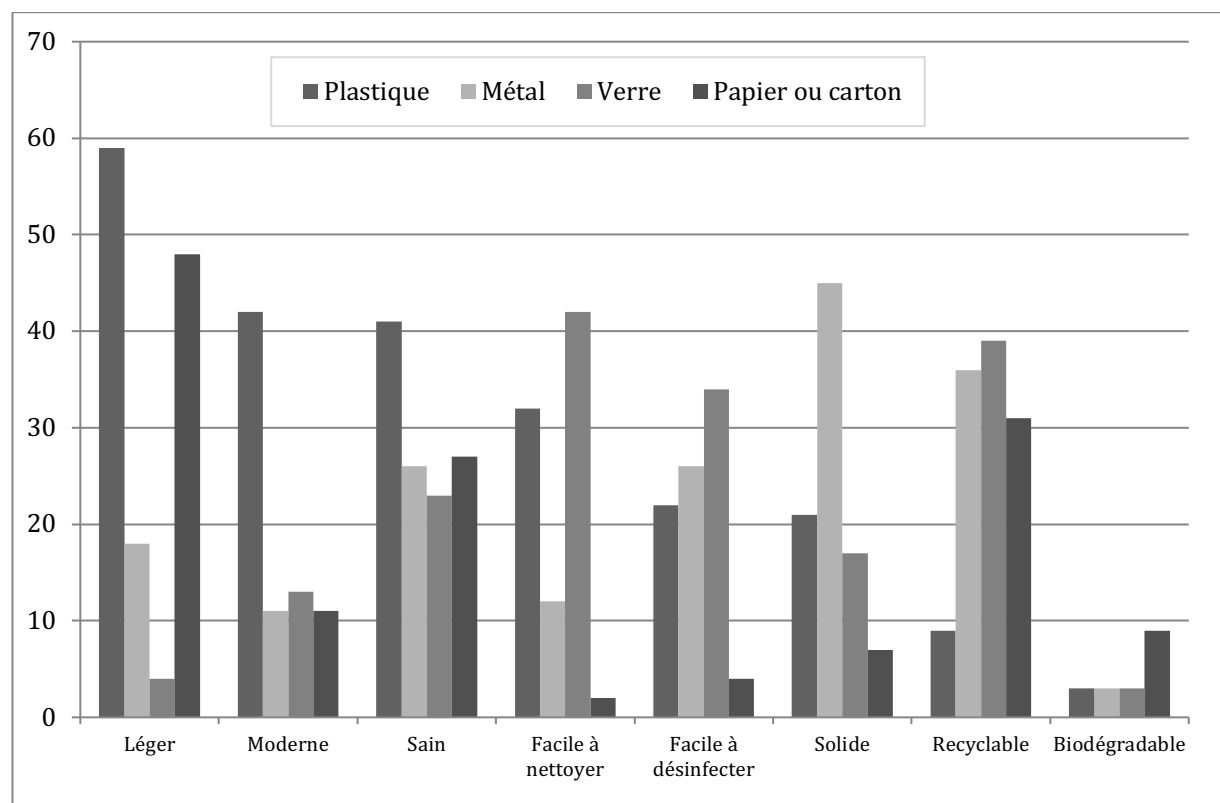
En 1972, l'étude conclut que la sensibilité du public interrogé se porte d'abord sur la pollution environnementale engendrée par les déchets ménagers. Les préoccupations concernent les ordures ménagères qui ne font pas l'objet d'un traitement correct, parce qu'il manque des décharges spécialisées. Dans un second temps, ce sont les comportements individuels qui sont évoqués avant la responsabilité des industriels, parce que nombre de citoyens jettent leurs emballages n'importe où.

Cependant les matériaux d'emballage sont aussi perçus comme ayant une part de responsabilité importante dans le problème des déchets solides ; en particulier, l'usage généralisé et jugé « excessif » des emballages et des conditionnements est ressenti négativement par le grand public, qui le met en tête de ses préoccupations avec 33 % de réponses. Viennent ensuite les problèmes de recyclage des matériaux dont les sondés perçoivent qu'on ne peut pas les recycler ; l'enfouissement est largement répandu quand on ne peut pas les brûler.

La préoccupation des industriels des plastiques est de déterminer dans quelle mesure les matériaux sont perçus plus ou moins négativement par les utilisateurs. A cette question, il est intéressant de constater qu'en 1972 ce sont les papiers et cartons qui arrivent en tête des matériaux perçus comme les plus présents en quantité dans les poubelles des ménages (45 %), suivis du métal (19 %) et des plastiques (19 %) puis du verre (16 %). Le classement est d'autant plus significatif que la répartition ne correspond alors pas à la réalité des volumes effectivement produits, et que les consommateurs, en l'occurrence, surestiment la part des plastiques.

Enfin, il est important de souligner que pour cette étude les sondeurs ont introduit dans leur questionnaire des éléments propres à mettre en évidence la perception réelle des matériaux d'emballage par les utilisateurs, et que les craintes liées à leurs usages ne sont pas les mêmes selon le type de matériaux. Les plastiques arrivent en tête des matériaux vus comme modernes et sains d'utilisation lorsque la question porte sur les valeurs positives des matériaux.

Fig. 16. Vision du public sur les matériaux pour contenants - Caractéristiques positives. Choix multiple possible

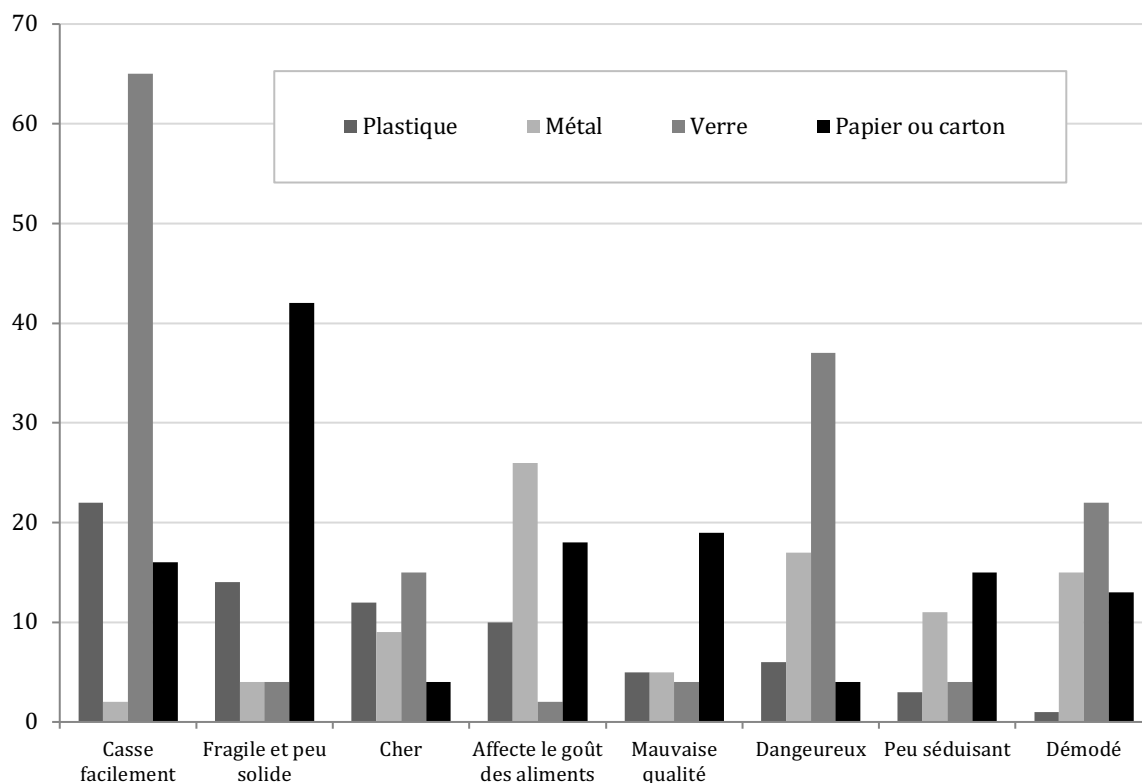


Graphique réalisé d'après *The General Public Appraises...*, op. cit., p. 17.

Lorsque l'on s'attache aux valeurs négatives véhiculées par ces mêmes matériaux, les résultats sont plutôt favorables aux plastiques : ils mettent en tête des matériaux dangereux

comme le verre, qui se brise facilement, tandis que le métal et le papier-carton sont considérés comme affectant le goût des aliments.

Fig. 17. Vision du public sur les matériaux pour contenants - Caractéristiques négatives - Choix multiple possible



Graphique réalisé d'après *The General Public Appraises...*, *op. cit.*, p. 19.

Les questionnaires concernant l'emballage et les problèmes d'environnement ont fait en revanche apparaître un regard très critique des sondés sur les plastiques.

Cette enquête menée en 1972 a donc mis en évidence essentiellement les problèmes environnementaux liés à l'usage des plastiques dans l'emballage et le conditionnement. Elle a permis aux industriels de relativiser la position des plastiques au regard de matériaux concurrents sur lesquels la critique était plus forte. On constate que certains thèmes, comme la nocivité des matériaux dans les usages quotidiens, l'emballage alimentaire en particulier, semblent être peu présents parmi les préoccupations du public interrogé, qui n'y voit aucun risque sanitaire. En revanche, le problème du traitement des ordures ménagères et des comportements individuels est vu comme très important.

b/ Le rapport de 1975

En décembre 1975, une nouvelle enquête d'opinion est réalisée à propos des plastiques et de leur impact dans l'environnement⁵⁵². Cette enquête se présente sous la forme d'un volumineux rapport découpé en 7 chapitres thématiques, plus un chapitre consacré à des études de cas urbains. Les intitulés des 7 chapitres sont révélateurs des préoccupations des industriels des plastiques qui dépassent la simple inquiétude en termes d'image. Il est désormais évident que les questions environnementales pesent dans l'opinion publique ; pour les industriels, il est devenu important de comprendre et de mesurer la conscience des risques industriels et sanitaires du public.

Voici les six thèmes :

- 1- Les plastiques comparés aux autres matériaux : forces et faiblesses
- 2- Plastiques et environnement
- 3- Plastiques et santé
- 4- Plastiques et risques d'incendie
- 5- Plastiques et déchets solides
- 6- Plastiques et énergie

Les intitulés sont évocateurs des risques environnementaux et sanitaires occasionnés par l'industrie des plastiques et soulevés par cette étude. Leur lecture suggère la très forte évolution de ces préoccupations depuis 1972 dans l'opinion publique, et l'importance de ces questions pour les industriels. Le contexte politique n'y est sans doute pas étranger avec la signature du *Consumer Product Safety Act* de 1972.

Quel panel d'étude ?

Partant du principe cher à l'agence Knowlton & Hill que les minorités éclairées sont celles qui feront l'opinion générale de demain, l'étude s'est appuyée sur des groupes plutôt bien informés de ces questions. Mais le faible nombre de sondés (192) impose que les conclusions de l'enquête soient présentées par leurs auteurs comme indicatives et non définitives. La nature des 192 personnes interrogées mérite toutefois que l'on s'y attarde ; leurs fonctions en font des sortes d'experts dont les opinions sont considérées comme crédibles à la fois par le cabinet de sondage et par le reste de la population, dont on suppose qu'elle adoptera leur point de vue ultérieurement. Ce sont en quelque sorte des prescripteurs,

⁵⁵² *Members of Special Public Groups Evaluate Plastics and their Impact on the Environment, A Nationwide Study Conducted for The Society of The Plastics Industry, Inc, Princeton, Opinion Research Corporation, 1975.*

certaines en tant que professionnels de ces questions, d'autres comme usagers des plastiques et autres matériaux. Sept catégories sont identifiées :

- 1- Fonctionnaires chargés du traitement des déchets solides
- 2- Chefs des pompiers
- 3- Responsables de rubriques et auteurs d'articles environnementaux (presse)
- 4- Fonctionnaires d'État en charge de l'énergie et de l'environnement
- 5- Fonctionnaires d'État et universitaires en médecine du travail
- 6- Professeurs d'université et de *college* dans les domaines environnementaux
- 7- Représentants de communautés de 4 villes des États-Unis (Atlanta, Détroit, New York, San Francisco).

Leur répartition est équilibrée, sauf pour la dernière catégorie trois fois plus importante en nombre, comme le montre le graphisme ci-dessous :

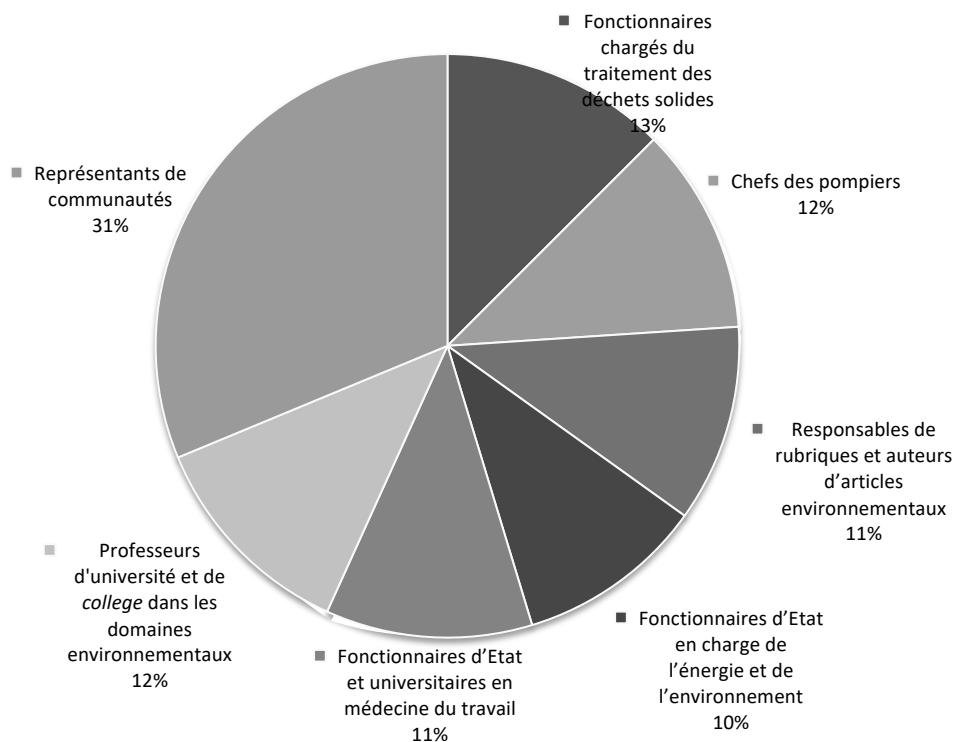


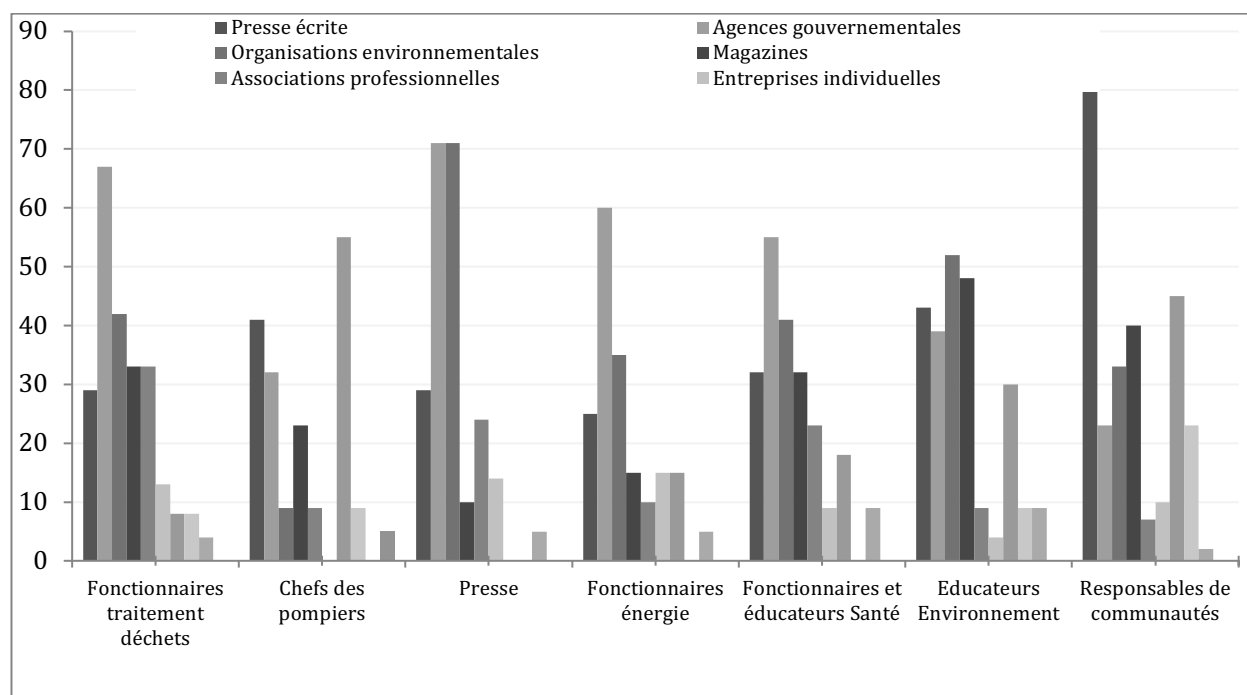
Fig. 18. Répartition des personnes interrogées par groupe.

Graphique réalisé d'après *Members of Special Public Groups Evaluate Plastics...*, *op. cit.*, p. I.

Le mode d'information de ces groupes est révélateur de leur positionnement professionnel et sociétal. La plupart s'informent d'abord par la presse écrite généraliste, particulièrement les

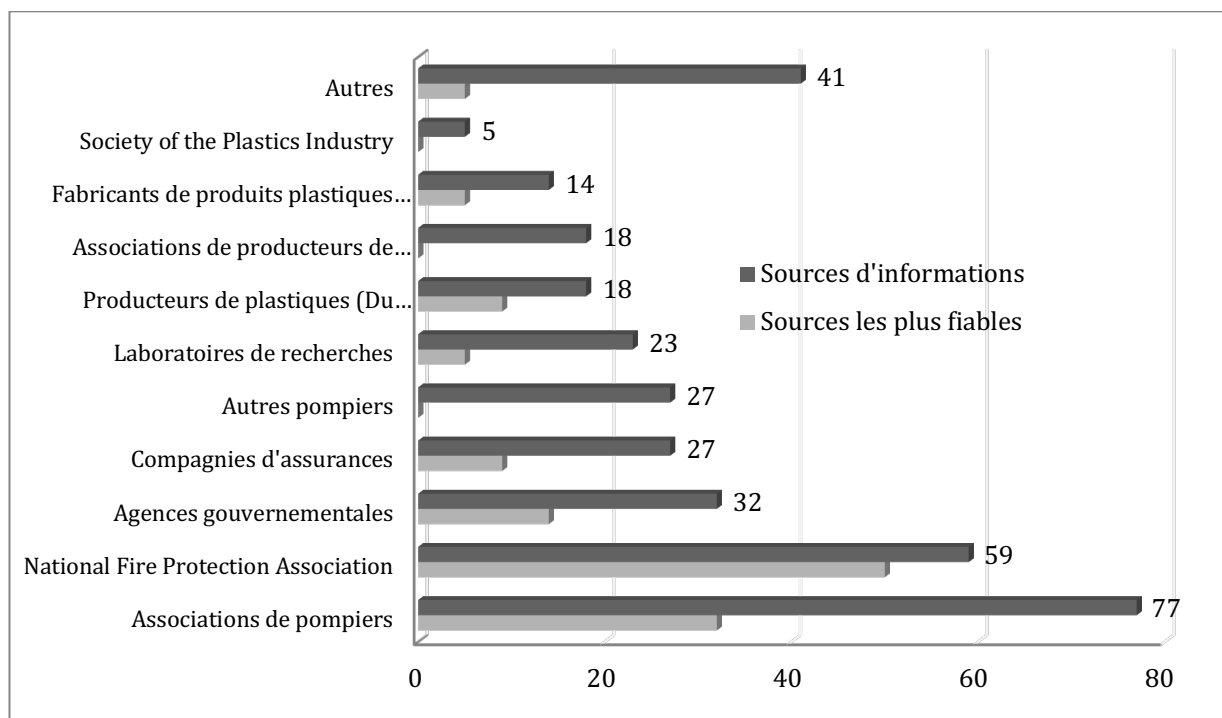
chefs des pompiers. Ensuite, selon les catégories professionnelles, il s'agit des documents émanant des agences gouvernementales et des associations environnementales, ainsi que ceux des compagnies d'assurances essentiels notamment pour les pompiers. Les publications des entreprises ou des associations professionnelles ne sont quasiment pas mentionnées, ce qui est le signe de la forte suspicion à leur égard.

Fig. 19. Sources d'informations préférées des sept catégories interrogées



Graphique réalisé d'après *Members of Special Public Groups Evaluate Plastics...*, *op. cit.*, p. 33.

Fig. 20. Réponses, en %, des 22 chefs des pompiers sur leurs sources d'informations et leur fiabilité. Choix multiple possible



Graphique réalisé d'après *Members of Special Public Groups Evaluate Plastics...*, *op. cit.*, p. 85.

Le terme très général de plastiques, au pluriel, est employé dans la première partie de l'étude, comme il l'a été tout au long et exclusivement dans l'enquête de 1972 ; lui succède une distinction entre quatre types de résines : polychlorure de vinyle (PVC), polyéthylène, polystyrène et polypropylène. Les plastiques sont comparés à cinq autres matériaux aux usages communs ou similaires dans la construction et l'emballage notamment : l'acier, le bois, le papier, le verre et l'aluminium. Certains d'entre eux sont anciens (bois, verre), d'autres contemporains des plastiques (acier et aluminium). Selon les personnes interrogées, la versatilité (multiplicité des usages) est ce qui caractérise les plastiques par rapport aux autres matériaux, même l'aluminium (respectivement 74 % et 24 % d'avis favorables). Leur opinion, par certains aspects, peut sembler très paradoxale et souligne ainsi l'ambivalence du regard sur ce matériau. Si le rejet d'une société tout en plastique, *the Plastic Society*⁵⁵³, est unanime (question 39i), les plastiques sont néanmoins considérés comme les matériaux les plus importants dans la production des biens de consommation, sans lesquels la vie serait moins facile. De même, les plastiques arrivent en tête des matériaux dont les sondés sont prêts à se

⁵⁵³ L. Meikle, « Material Doubts. The Consequences of Plastic », *Environmental History*, 1997.

passer pour des raisons écologiques, mais ils sont à égalité avec les aciers dans la liste des matériaux essentiels pour l'avenir.

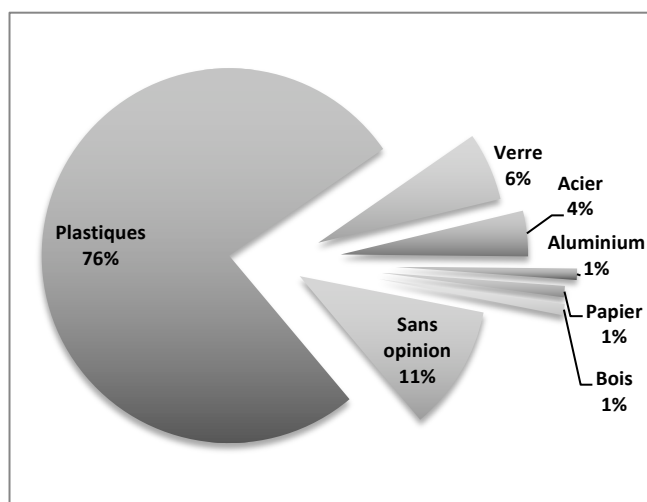
c/ Quels sont les risques identifiés ?

Du point de vue de l'environnement, l'industrie des plastiques présente de nombreux facteurs de risques industriels ; elle est identifiée comme source de problèmes pour la pollution de l'air, le traitement des ordures ménagères et la pollution de l'eau. Les plastiques sont vus comme les matériaux les « plus nuisibles à l'environnement », quel que soit le type de plastique proposé. Si l'impossible biodégradabilité des plastiques est soulevée, c'est surtout la toxicité des plastiques qui suscite la plus grande inquiétude : toxicité des émanations dégagées lors de la combustion, mais aussi toxicité des émanations émises pendant le processus de fabrication. Les deux aspects sont cités par les personnes interrogées et sont intimement liés dans leur esprit. Le PVC est également mentionné pour ses propriétés cancérogènes, en particulier pour le personnel employé dans les usines plastiques. Les maladies professionnelles des ouvriers du plastique sont donc connues par les leaders d'opinion de la société civile, alors qu'ils ne travaillent pas dans cette industrie. Cette perception de la toxicité des plastiques a augmenté significativement depuis l'enquête de 1972 et se retrouve de façon éclatante dans le chapitre consacré à la santé en 1975.

Parmi les cinq matériaux proposés aux sondés, les plastiques sont placés en tête des matériaux jugés les « plus risqués » pour la santé. Le PVC est vu comme présentant un « sérieux » risque sanitaire, et l'on retrouve le même jugement à propos du polystyrène, du polyéthylène et du polypropylène. Dans tous les cas, l'opinion « pas de risque » est notablement moindre que le choix combiné de « sérieux » et « faible ».

Fig. 21. Les matériaux les plus à risques, en % d'opinions

Graphique réalisé d'après *Members of Special Public Groups Evaluate Plastics...*, op. cit., p. 63.



Les émanations toxiques en usine, comme celles produites lors d'une incinération ou dans les ordures, constituent le principal risque sanitaire que les leaders d'opinion ont en tête pour les quatre plastiques proposés. Cependant, dans le cas du PVC, une minorité significative mentionne les effets cancérogènes et la contamination des produits emballés dans le PVC. Comme pour l'environnement, la vision des sondés est ambivalente. Si l'inquiétude est réelle, la plupart considèrent néanmoins que les emballages plastiques contribuent de façon importante à l'amélioration de la santé et de l'hygiène, même si l'adhésion est nuancée : seuls 31 % des sondés sont « très d'accord », contre 46 % modérément et 20 % pas d'accord. Parmi les groupes interrogés, celui de la presse est en désaccord très net avec 53 % de réponses défavorables. Le résultat est donc plus contrasté que ne l'écrit l'institut de sondage dans ses conclusions. Cependant tous les sondés considèrent que les plastiques jouent un rôle important pour assurer la conservation durable des produits. Cette remarque est essentielle pour les industriels du secteur de l'emballage alimentaire, dans la mesure où les efforts de recherches ont été très intenses depuis la Seconde Guerre mondiale afin de proposer des produits d'emballage résistants et fiables.

Ce bilan très alarmiste dressé, quelles sont les solutions proposées par les leaders d'opinion interrogés ? Le bannissement complet des plastiques est rejeté à une grande majorité par l'ensemble des sondés (11 % seulement y sont favorables). En revanche, un tiers des opinions approuvent l'idée d'une limitation des usages des plastiques en raison des risques inhérents à leur fabrication ou à leur usage. Les pompiers y sont favorables à

50 %, les spécialistes de l'environnement à 56 %. Une fois de plus, on note une grande disparité des opinions selon les groupes. Parmi les solutions figure la lutte à mener pour faire diminuer la dangerosité de cette industrie, et ce sont les industriels eux-mêmes qui doivent s'engager dans cette action, même si le rôle des agences fédérales et gouvernementales est jugé important par les sondés.

La comparaison entre ces deux enquêtes d'opinion menées aux États-Unis en 1972 et 1975 souligne la conscience, dans la population américaine, des risques industriels liés à la production des plastiques et à leur usage. Air, eau, aliments, les territoires du risque ont évolué dans les questions des enquêteurs et dans l'esprit des sondés en trois ans. Ces deux enquêtes permettent également de comprendre les motivations d'une association d'industriels et, par la suite, les stratégies de communication élaborées pour répondre aux inquiétudes décelées.

3.2. Du local au global, le cas de l'aluminium

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, l'alimentation est particulièrement touchée par les transformations des modes de préparation et de conservation des denrées alimentaires. L'urbanisation croissante, l'usage plus répandu des réfrigérateurs et congélateurs, le développement de la cuisine au gaz ou à l'électricité... constituent autant de facteurs d'un bouleversement social. Les techniques de conservation subissent elles-aussi de profonds changements : conserve, lyophilisation, congélation, surgélation... Les questions de santé ont dépassé le cadre national pour être appréhendées à l'échelle internationale par le biais des organismes supranationaux. Dans ce contexte, l'émergence d'associations de consommateurs puissantes et de médias indépendants contribue à rendre publiques les controverses. Le cas de l'aluminium en est un exemple.

Au cœur de ces modifications, l'emballage et les additifs alimentaires tiennent désormais un rôle essentiel. En France, la loi de 1905, très importante, a été amendée par un certain nombre de décrets qui ont précisé les usages particuliers de certaines substances, ou la préparation de certains aliments comme la margarine ou les pâtes alimentaires. En 1958, la législation est révisée afin de tenir compte des avancées scientifiques et techniques considérables depuis la guerre et anticiper les progrès à venir.

Dans le cas de l'aluminium, ses caractéristiques physico-chimiques (étanchéité, innocuité, emboutissage, laminage...) sont des atouts précieux pour l'emballage alimentaire. Outre les

traditionnelles casseroles, la feuille mince envahit rapidement les rayonnages des magasins, pour envelopper beurre, fromage, gâteaux, soupe déshydratée en sachet... Dans la cuisine, l'aluminium s'installe en rouleau, modifie les préparations culinaires avec l'apparition de la cuisson en papillotes, et les possibilités de conservation et de transport des denrées. Se faisant, le contact prolongé du métal avec les aliments peut laisser supposer une éventuelle contamination. Celle-ci se double de l'emploi des sels d'aluminium sous forme d'additifs alimentaires, ou pour des usages médicaux. Tous les ingrédients sont réunis pour en faire un suspect idéal.

La cadre réglementaire français d'après-guerre

Les progrès considérables de la chimie pendant et après la guerre ont imposé une révision générale des dispositions d'avant-guerre. Le Conseil supérieur de l'hygiène publique de France (CSHP) et l'Académie nationale de médecine (ANM) ont conservé leurs prérogatives pour donner ou refuser les autorisations d'agrément. Le décret de 1912 est révisé par celui du 25 mars 1958, lequel est complété par diverses circulaires dans les années qui suivent. La liste d'additifs est revue à la baisse, et il n'est pas possible de recourir à d'autres substances.

Encadré. Les additifs alimentaires dans les décrets de 1912 et 1958

Les additifs alimentaires dans les décrets de 1912 et 1958

Le décret de 1912 a établi une liste de référence pour les colorants. Celle-ci est modifiée en 1958, en raison de nouveaux travaux de recherches dont les conclusions ont conduit à suspecter des colorants utilisés précédemment. Les Allemands et les Belges prennent les mêmes dispositions en 1959. La France impose l'idée d'une liste volontairement restreinte de colorants, limitée à ceux offrant le maximum de garanties et en interdit l'emploi pour certains aliments afin d'éviter les tromperies. Elle n'exige cependant pas que la présence de colorants soit mentionnée sur l'étiquetage, sauf quelques exceptions, comme les vinaigres, certains sirops, les confitures, les gelées et les marmelades. La liste des colorants autorisés ne concerne ni les substances autorisées pour le blanchiment des denrées⁵⁵⁴, ni celles utilisées pour préserver leur couleur (le sel nitraté pour la salaison des viandes par exemple).

Les listes positives de colorants naturels et de synthèse⁵⁵⁵ sont assorties d'une liste des 19 sortes de denrées alimentaires auxquelles des colorants peuvent être ajoutés, ainsi que d'une

⁵⁵⁴ L'anhydride sulfureux était utilisé pour la décoloration des fruits et des champignons, le beurre de cacao était décoloré par le charbon, les noix par l'hypochlorite de sodium... René Truhaut et Raymond Souverain, *Contrôle des substances ajoutées aux aliments*, op. cit., p. 31.

⁵⁵⁵ René Truhaut et Raymond Souverain mentionnent 23 matières colorantes d'origine naturelle et 12 matières colorantes organiques de synthèse.

liste des manières minérales susceptibles d'être utilisées en surface sur les décors de pâtisserie par exemple, dont l'aluminium. Plus particulièrement, les critères de pureté deviennent plus restrictifs, et le décret fixe le degré et la nature des impuretés acceptables : les matières colorantes ne doivent pas contenir par exemple plus de 2 mg/kg d'arsenic et 20 mg/kg de plomb.

Comme les colorants, les autres additifs sont soumis au système des listes positives : liste des substances autorisées complétée par celle des aliments auxquels elles peuvent être ajoutées. Leur indication dans l'étiquetage n'est pas non plus rendue obligatoire, sauf exception comme pour le glutamate de sodium⁵⁵⁶ et pour les « arômes artificiels » dont l'étiquetage est impératif. Notons au passage que la levure chimique ne peut contenir que trois sortes de substances : le bicarbonate de sodium, le carbonate d'ammoniaque, et le pyrophosphate de sodium. Les aluns sont par ailleurs interdits comme agents astringents, seul l'acide citrique est autorisé, et le tanin pour certaines boissons alcoolisées.

La principale préoccupation des autorités publiques en France comme à l'échelle mondiale, au début des années 1960, est aussi la régulation des pesticides, afin de limiter les effets nocifs de leurs résidus pour la santé humaine. Depuis 1934, une Commission d'étude de l'emploi des toxiques en agriculture a été instituée auprès du service de la répression des fraudes, à titre de conseil. La France impose à son tour une homologation des pesticides par le ministère de l'Agriculture, des doses maximales d'utilisation, et interdit leur usage sur les produits récoltés sauf autorisation sur avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France. La nourriture pour les animaux destinés à être consommés par l'homme est également très encadrée.

La liste des matériaux d'emballages est également révisée en tenant compte notamment de l'arrivée des matières plastiques au sein d'emballages de plus en plus complexes.

Encadré. La place des matériaux dans le décret de 1958

La place des matériaux dans le décret de 1958

La liste des matériaux autorisés à être mis au contact des aliments concerne toujours l'étain fin et le fer-blanc étamé à l'étain fin, le verre et autres porcelaines et poteries, les essences de bois, les papiers, cartons et textiles, le caoutchouc vulcanisé au soufre, les boyaux de charcuterie et les matières plastiques. Elle est révisée et complétée notamment par une

⁵⁵⁶ Utilisé comme « exhausteur de saveur », il doit être mélangé au sel et indiqué sous le nom de « sel glutamaté ».

description précise des feuilles d'emballages, tenant compte de l'arrivée des nouveaux produits : pellicules cellulosiques, feuilles d'acétate de cellulose, papiers enduits de vernis, résines synthétiques ou matières autorisées, papiers dont l'enduit contient les antioxygènes autorisés dans la proportion de 1,25 pour mille. Les matières plastiques sont soumises à des circulaires spécifiques pour établir la liste des constituants autorisés. En effet, leur complexité, tant par leur nature que par leurs mises en œuvre possibles, exige de multiples précautions. Comme pour les autres matériaux, leur utilisation ne doit pas provoquer de phénomènes de migrations du contenant vers le contenu. Sont ainsi distingués les résines, les solvants, les plastifiants naturels (cire d'abeille et de Carnauba) et de synthèse (triacétine, tributyrine, tripropionine...), les siccatifs., etc. Cette liste est complétée par celle des produits de nettoyage des appareils, dont la révision, en 1951, permet d'introduire de nouveaux détersifs bactéricides.

René Truhaut et Raymond Souverain, *Contrôle des substances ajoutées aux aliments*, op. cit., p. 47 et suivantes.

Avant d'autoriser toute substance nouvelle, le décret de 1958 introduit à l'attention des industriels de nouveaux protocoles d'expérimentation des substances et d'examens des dossiers devant ses deux instances spécialisées (CSHP et ANM). Le nombre possible d'additifs autorisés⁵⁵⁷ est extrêmement réduit. Au sein du CSHP, les additifs alimentaires peuvent être examinés par trois sections, en fonction de l'usage fait de l'additif : Hygiène de l'alimentation, Eaux et assainissement et Hygiène industrielle. Lorsqu'un règlement est en jeu, ce qui est toujours le cas pour les additifs, les décisions sont prises en assemblée plénière, sur proposition des sections. L'Académie de médecine statue quant à elle sur les aspects thérapeutiques et pathologiques en cause. Le protocole d'examen a fait l'objet de la circulaire du 15 septembre 1958, dans laquelle l'industriel est tenu de donner la composition et les caractères physico-chimiques du produit, ses conditions d'emploi envisagées et les résultats en terme de toxicité aiguë et à long terme, ainsi que le pouvoir cancérogène. En fonction des données qui lui sont fournies, le CSHP peut soit donner l'autorisation soit demander des expérimentations supplémentaires. Comme aux États-Unis, la France impose que les essais à long terme soient menés sur plusieurs générations de cobayes, et le texte précise clairement les conditions dans lesquelles les expérimentations doivent être menées et les indications à préciser.

Des procédures similaires sont établies pour les « matériaux destinés à être placés au contact des aliments ». Le texte insiste sur les informations à donner quant à la composition

⁵⁵⁷ René Truhaut et Raymond Souverain, *Contrôle des substances ajoutées aux aliments*, op. cit., p. 9.

qualitative et quantitative du matériau. Il vise particulièrement les plastiques, en précisant que la totalité des composants, même les plus infimes, ainsi que leur degré de pureté, doivent être donnés : plastifiants, stabilisants, émulsifiants, catalyseurs de polymérisation, opacifiants, colorants... Les industriels sont tenus de donner le plus d'éléments possibles afin d'informer les experts des conditions de mise en œuvre et d'utilisation des futurs matériaux.

En 1950, le Conseil supérieur de l'hygiène publique de France a publié un rapport sur les teneurs maximum admissibles en aluminium des aliments⁵⁵⁸ et a conclu que l'aluminium n'était pas un métal toxique et qu'il existait à l'état naturel dans les aliments. Il est resté autorisé en confiserie comme décoration de surface, comme l'or et l'argent, avec une dose maximum de 1000 mg/kg. En 1952 et 1956, l'Association française de normalisation a accredité le choix des alliages d'aluminium à utiliser dans le matériel de charcuterie ou de cuisine⁵⁵⁹. La confiance des pouvoirs publics en France était solide.

Le tournant Alzheimer

Or, au tournant des années 1970, l'affaire des dialysés de Denver a compromis durablement cette confiance. La genèse de cette controverse est complexe à déterminer avec exactitude, car de très nombreux travaux médicaux consacrés à l'aluminium sont publiés après la Seconde Guerre mondiale. Entre 1960 et 1969, on recense pas moins de 1469 publications médicales sur l'aluminium, avec une accélération à partir de 1963 où l'on dépasse la centaine de publications par an⁵⁶⁰. Sur la décennie suivante, de 1970 à 1979, le taux de publication double avec 3522 articles répertoriés, et il double encore entre 1980 et 1989 pour atteindre 6122 articles. Leur analyse est complexe et nécessiterait un travail étroit avec des biologistes et des médecins pour en saisir les apports, car les techniques d'analyse se sont considérablement complexifiées, tant dans les réactifs utilisés que dans le matériel de mesure et d'observation, et les seuils de détection ont été considérablement abaissés. Néanmoins, la littérature scientifique s'accorde à reconnaître que la première description d'encéphalopathie humaine mortelle a été publiée en 1975⁵⁶¹, même si quelques articles ont

⁵⁵⁸ Louis Truffert, « La teneur maximum admissible en aluminium des matières alimentaires », *Annales de falsifications et fraudes*, 1950, n° 502/504.

⁵⁵⁹ 1952, NFD 21 440, NFD 21 441 et 1956, NFD 21 443.

⁵⁶⁰ Résultats obtenus par interrogation de base de données pubmed, utilisée aujourd'hui pour la recherche dans le domaine médical.

⁵⁶¹ Jean Lapresle, et alii, « Documents cliniques, anatomiques et biophysiques dans une encéphalopathie avec présence de dépôts d'aluminium », *Compte Rendu de la Société de biologie et de ses filiales*, 1975, p. 282–285.

précédemment soulevé la question de l'aluminium dans les encéphalopathies⁵⁶² dans les années 1960.

L'étude a reposé sur l'analyse de fines concrétions retrouvées dans le cerveau du patient décédé. Le recours à la microscopie corpusculaire analytique a permis de constater la présence de l'aluminium, associé à du phosphore. Deux méthodes nouvelles ont été mises en œuvre pour localiser l'aluminium dans l'organisme : la microanalyse par sonde électronique (microsonde de Castaing) et la microscopie ionique⁵⁶³. A partir de 1976, de nouvelles études, notamment celles d'Allen Alfrey et de William D. Keahny, aux États-Unis, ont prouvé le lien entre le taux d'aluminium dans les cerveaux et les signes cliniques d'encéphalopathie d'un groupe de malades insuffisants rénaux et traités par dialyse chronique. L'origine de l'intoxication a été repérée dans les traitements thérapeutiques : il s'agissait du sel d'aluminium donné par voie digestive, afin de combattre la phosphorémie dont étaient atteints les malades. Des travaux sont aussi menés pour déterminer le taux d'aluminium dans le sang ; en 1972, Edwin Clarkson fixe la norme pour un individu moyen à 80 microgrammes d'aluminium par litre de sang. En supprimant les sels d'aluminium, la pathologie a disparu.

Dix ans plus tard, les chercheurs qui travaillent sur la maladie d'Alzheimer s'interrogent sur la proximité des symptômes avec les malades de Denver : de nouveau, l'aluminium est soupçonné. Les recherches sont lancées avec cette hypothèse de travail. En février 1986, deux chercheurs britanniques annoncent leurs premiers résultats, dans *The Lancet*, prestigieux journal médical ; parmi les éléments caractéristiques de la pathologie d'Alzheimer, les « plaques séniles » présentes dans le cerveau des malades sont analysées au moyen d'une microsonde d'analyse et d'un système de résonance nucléaire à très haut pouvoir de résolution. Les chercheurs constatent que l'aluminium et le silicium ont une distribution identique et se retrouvent aux mêmes endroits. Mais ils ignorent comment l'aluminium est parvenu jusqu'au cerveau, et s'il est cause ou conséquence de la maladie. De cette hypothèse émise dans l'article part une rumeur au goût de sensationnel : l'aluminium a sa part de responsabilité dans la maladie d'Alzheimer. La controverse quitte l'espace des revues spécialisées et des cercles scientifiques pour se répandre sous la forme d'une polémique dans le grand public. Les médias spécialisés dans la vulgarisation scientifique ou non relayent l'information, avec des gros titres plus ou moins alarmants.

⁵⁶² Wisniewski Henry, Narkiewicz O, Wisniewska K., « Topography and dynamics of neurofibrillar degeneration in aluminum encephalopathy », *Acta Neuropathol.*, 1967, 9 (2), p. 127-33. Liwnicz BH, « Aluminum encephalopathy in the rabbit studied by means of 75-Se-selenomethionine », *Neuropatol Pol.*, 1967, Apr-Jun, 5 (2), p. 191-197, traduction en anglais du titre polonais.

⁵⁶³ Pierre Galle, « La toxicité de l'aluminium », *La recherche*, n° 178, juin 1986 p. 766 à 775.

Cette situation de crise pousse, en mai 1988, la *Royal Society of Chemistry*, à Londres, à organiser un symposium et à le publier sous le titre « Aluminium in Food and the Environment ». Vingt-deux scientifiques se sont réunis pour faire le point sur l'état des connaissances et déterminer dans quelles directions poursuivre les travaux. Le document final insiste particulièrement sur la nécessité de construire des bases de données fiables sur la quantification de l'aluminium dans les plantes, les animaux, l'eau. Il souligne aussi l'importance de connaître les pourcentages et la nature des additifs alimentaires et pharmaceutiques pour mener à bien les travaux de recherche. Estimant que la dose journalière d'aluminium ingérée quotidiennement en Angleterre était inférieure à 10 mg/kg, soit un taux inoffensif, le rapport a considéré néanmoins que les effets d'une accumulation sur une longue période devaient être pris en compte. Enfin, il a insisté sur la nécessité de contrôler solidement les données mentionnées dans les articles, afin d'éviter les « peurs infondées », comme celles qui s'étaient produites sur le thé et sur les ustensiles de cuisine⁵⁶⁴.

Un problème de santé publique désormais global

Dans les années 1990, il s'opère un changement radical dans le champ public. Jusqu'ici soigneusement dissociés, les problèmes de santé liés à la production et ceux liés à la consommation sont englobés dans le débat public. En France, de nombreux journaux réalisent des dossiers sur cette question⁵⁶⁵, avec plus ou moins d'exactitude. Les industriels doivent aussi s'adapter à ce phénomène. Deux documents montrent ce changement, où désormais la question de santé englobe dans sa totalité le champ du travail, de l'environnement et du matériau dans ses applications alimentaires sous forme métallique et non métallique. En 1992, le Dr J.T. Hughes⁵⁶⁶ publie, au Royaume-Uni, *L'aluminium et la Santé*, dont la version est traduite et publiée en 1997 en France, par la Chambre syndicale de l'aluminium française et Pechiney, complétée d'une partie inédite sous le titre « Aluminium. Santé et Environnement. Questions réponses ». Dans les deux cas, ces documents prennent en compte le matériau aluminium autant dans les risques liés à sa production que dans les usages alimentaires. Il s'agit, pour les industriels, *via* l'expertise scientifique d'un professeur de médecine renommé, de répondre à l'ensemble des questions/soupçons formulés dans les

⁵⁶⁴ Robert C Massey, and D. Taylor, *Aluminium in Food and the Environment*, Proceedings of a Symposium organised by the Environment and Food Chemistry Groups of the Industrial Division of the Royal Society of Chemistry, Londres, The Royal Society, 1989.

⁵⁶⁵ « Les poêles : faites la différence ! », in *La santé dans l'assiette*, n° 5, mai-juin 1994 ; « Cuisson intolérable : l'aluminium », in *Sciences et Avenir*, octobre 1996 ; « Aluminium, Attention, Danger », *France Soir*, n° 16839, 25 septembre 1998 ; « Faut-il avoir peur de l'aluminium ? », *Que Choisir*, n° 360, mai 1999 ; *Alternative Santé l'Impatient*, Hors série n° 25, novembre 2001, « Pollutions et santé ».

⁵⁶⁶ Dr. J.T. Hughes, *Aluminium and Your Health*, Londres, Rime House Publisher, 1992.

médias. Deux questions posées dans le document résument à elle seule la conjonction entre maladie professionnelle et santé publique : « Peut-on contracter un cancer dans une usine d'aluminium ? » et « L'aluminium en contact avec les aliments est-il dangereux pour la santé ? ». La réponse à la première question est argumentée :

« L'histoire industrielle a montré que, dans une usine d'aluminium, des procédés anciens de production se sont révélés potentiellement dangereux pour la santé de l'homme et ont pu être à l'origine de l'apparition de cancers. C'est pour cette raison que l'industrie française de l'aluminium a volontairement fait au début des années 1990 le choix d'utiliser de manière exclusive la nouvelle technique d'électrolyse dite à "anodes précuites" ».

Mais le propos est aussi un démenti de toutes les affirmations et un aveu des mensonges de l'entreprise dans les périodes précédentes. Il met effectivement l'accent sur un choix technologique important, celui des anodes précuites contre le système Söderberg plus polluant⁵⁶⁷. Pour la seconde question, la réponse est nette : « Non. L'aluminium dans l'alimentation ne présente aucun danger pour la santé ». Aucune référence à des travaux n'est cependant donnée. Le document développe en revanche un argumentaire sur la maladie d'Alzheimer et sur l'aide financière des industriels à la recherche médicale.

A la fin des années 1990, la question de l'aluminium et de la santé est devenue une question de santé publique mondiale. Deux documents attestent, de façon radicalement différente, en 1997, de l'ampleur prise par ce sujet, l'un publié par les organisations internationales⁵⁶⁸, l'autre par les industriels⁵⁶⁹. L'OMS, en 1973, a lancé un programme consacré aux critères de santé environnementaux, le Programme international sur la sécurité des substances chimiques (IPCS), et a publié une première étude en 1976, sur le mercure. L'objectif est d'évaluer les informations sur la relation entre l'exposition aux polluants dans l'environnement et la santé humaine, et de fournir des directives pour établir des limites d'exposition. Une partie des objectifs rejoint les souhaits des scientifiques anglais de 1988, car l'OMS veut aussi identifier les lacunes dans les connaissances concernant les effets sur la santé des polluants et promouvoir l'harmonisation des méthodes toxicologiques et épidémiologiques afin d'obtenir des résultats comparables à l'échelle internationale. La

⁵⁶⁷ Florence Hachez-Leroy, « Aluminium in health and food », *art. cit.*

⁵⁶⁸ United Nations Environment Programme, International Labour Organisation, World Health Organization, *International Programme On Chemical Safety, Environmental Health Criteria 194, Aluminium*, World Health Organization, Genève, 1997.

⁵⁶⁹ Nicholas D. Priest and Thomas V. O'Donnell, (eds.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, Londres, Middlesex University Press, 1997.

détection des nouveaux polluants est aussi prévue. Le choix d'étudier l'aluminium est en soi l'affirmation d'un doute sur l'innocuité du matériau, si l'on en croit la déclaration de l'OMS quant au choix des sujets :

« La sélection des produits chimiques a été basée sur les critères suivants : l'existence de preuves scientifiques que la substance présente un danger pour la santé humaine et/ou l'environnement ; l'utilisation possible, la persistance, l'accumulation ou la dégradation de la substance montrent qu'il peut y avoir une exposition humaine ou environnementale significative ; l'importance et la nature des populations à risque (autant humaines que concernant d'autres espèces) et les risques pour l'environnement ; la portée internationale, à savoir que la substance est d'un intérêt majeur pour plusieurs pays ; des données adéquates sur les risques sont disponibles. »⁵⁷⁰

Un travail d'expertise collective est mené sous l'égide conjointe du Programme pour l'environnement des Nations Unies, de l'Organisation internationale du Travail (OIT) et de l'OMS, par seize scientifiques agissant à titre individuel, et non comme représentants d'une organisation, d'un gouvernement ou d'une industrie⁵⁷¹; il aboutit à une synthèse remarquable de l'ensemble des problèmes soulevés par l'usage de l'aluminium, sous toutes ses formes et dans différents contextes. Aucun français ne figure parmi les experts, largement dominés par le monde anglo-saxon, 10 sur les 16 membres. On constate également parmi les 10 observateurs, 6 Australiens. Cette proportion s'explique sans aucun doute par le fait que le groupe d'experts s'est réuni en Australie pour un rencontre de cinq jours en avril 1995. Les industriels sont également là parmi les observateurs, avec quatre représentants d'entreprises : l'américain Alcoa et le norvégien Norsk Hydro, producteurs l'aluminium, AEA Technology, entreprise anglaise dédié au nucléaire, et Mount Isa Mine Holdings, une entreprise minière australienne productrice de cuivre et zinc. Enfin, on remarque, parmi les observateurs, la présence du docteur J. Borak, au titre de son cabinet de conseil Jonathan Borak & Co, spécialisé dans les questions de santé au travail et d'environnement. J. Borak était, et est encore, chercheur, professeur d'épidémiologie (santé environnementale) et de médecine (médecine générale) à l'université de Yale, qui abrite son cabinet de conseil depuis 1986⁵⁷². La nature de son engagement n'est pas visible dans le

⁵⁷⁰ *Environmental Health Criteria 194, Aluminium, op. cit.*, p. 5-6.

⁵⁷¹ *Environmental Health Criteria 194, Aluminium, op. cit.*, p. 6.

⁵⁷² <http://www.jborak.com>, page consultée le 1^{er} septembre 2014.

rapport, mais cette double casquette de chercheur et consultant n'est pas sans soulever des questions sur le rôle et la nature des experts.

Le rapport souligne d'abord les très nombreuses sources d'exposition à l'aluminium, tant en raison de son omniprésence dans l'écorce terrestre que par les activités humaines le mettant en œuvre sous forme métallique ou non. Présent dans l'environnement sous forme de silicates, d'oxydes et d'hydroxydes, combiné à d'autres éléments comme le sodium et le fluor ou encore sous forme de complexes organiques, l'aluminium rend particulièrement ardue la question de ses effets sur l'environnement. La teneur de l'air en aluminium est estimée comprise entre 0,5 ng/m³ au-dessus de l'Antarctique et plus de 1000 ng/m³ dans les zones industrialisées. Dans l'eau, la question de sa teneur est tout aussi complexe car liée aux facteurs physico-chimiques et géologiques. Les résultats varient considérablement : sa teneur peut être de l'ordre de 1 à 50 µg/litre dans une eau faiblement acide et elle peut atteindre jusqu'à 500-1000 µg/litre dans les eaux les plus acides. Des concentrations d'aluminium de 90 mg/litre ont pu être relevées dans des eaux rendues extrêmement acides par les liquides de drainage de mines. Les principales sources d'exposition à l'aluminium, pour l'homme, en dehors d'une activité professionnelle, sont d'ordre alimentaire, par l'eau mais surtout par les aliments. L'apport journalier par les aliments et la boisson est estimé chez l'adulte entre 2,5 et 13 mg, soit 90 à 95 % de l'apport total, dont 0,4 mg maximum par la boisson. La contribution de la voie d'exposition respiratoire peut atteindre 0,04 mg/jour. L'usage de produits pharmaceutiques, comme les antiacides, peut considérablement augmenter ces doses, et atteindre facilement 500 mg d'aluminium avec deux comprimés moyennement dosés.

Le rapport souligne en soi l'abondance et la richesse des travaux en cours sur l'aluminium, tant sur l'homme que sur l'environnement, sur ses modes de transmission par l'eau, l'air et l'alimentation, dans la sphère publique, privée et professionnelle. La bibliographie comporte plus de 700 références, dont seulement une vingtaine sont antérieures à 1970. La littérature est essentiellement en langue anglaise, et l'on note quelques références de publications en allemand. Les études mentionnées ont été réalisées sur les animaux mais aussi sur des humains, notamment sur les populations âgées, dont sont évalués les effets de la teneur en aluminium de l'eau du robinet absorbée. Le nombre des questionnements et des objets d'études s'est considérablement multiplié depuis l'avant-guerre, mais les conclusions du rapport sont très mesurées. En effet, malgré l'abondance des travaux, les experts estiment que les données obtenues sont encore insuffisantes ou contradictoires, et qu'elles ne sont pas toujours comparables entre elles. Selon eux, il n'a pas été démontré que l'aluminium posait

un problème de santé publique pour les personnes en bonne santé et en dehors de leur activité professionnelle. De fait, le rapport dissocie le cas des personnes en bonne santé de celles fragilisées, comme les insuffisants rénaux ou les personnes âgées, et la question de l'environnement. Dans le problème de la maladie d'Alzheimer, l'aluminium n'a pas été identifié comme la cause primaire de la maladie. Chez les personnes âgées, l'hypothèse d'une aggravation de la maladie d'Alzheimer par l'absorption d'eau à forte teneur en aluminium n'est pas prouvée par suffisamment de données significatives. Il en est de même des hypothèses concernant une altération des fonctions cognitives dans un environnement professionnel où l'exposition à l'aluminium peut être importante. En revanche, le rapport souligne que, dans le cas des personnes atteintes de maladies telles que l'insuffisance rénale, une attention particulière doit être portée sur la composition des médicaments utilisés, en limitant l'usage des composés d'aluminium. Les travailleurs exposés aux fines particules d'aluminium, comme dans l'industrie pyrotechnique, peuvent développer un risque accru de détérioration de leur santé, avec l'apparition de pathologie comme la fibrose pulmonaire, mais pour laquelle il n'est pas certain que d'autres agents ne soient aussi incriminés. Les données sont jugées insuffisantes pour déterminer les teneurs admissibles d'exposition. Il en est de même pour les travailleurs dans les halls d'électrolyse d'aluminium, dont on a rapporté des cas d'asthme irritant induit par l'inhalation de sulfate d'aluminium, de fluorure d'aluminium et de potassium, et de tétrafluorure de potassium-aluminium.

In fine, les experts ont considéré que les preuves étaient insuffisantes pour justifier une révision des directives de l'OMS en vigueur, mais ils ont mis aussi en évidence le fait qu'il n'existait pas de base de données scientifiques fiable permettant d'établir une norme pour la teneur en aluminium de l'eau potable. Il est indispensable de poursuivre les travaux dans cette voie, alors que les sels d'aluminium sont utilisés largement dans les techniques de purification des eaux. Le rapport consacre toute une partie à dégager des pistes de recherches dans la biodisponibilité et la cinétique, les données toxicologiques, les recherches sur la relation entre l'exposition à l'aluminium et la maladie d'Alzheimer, et l'exposition professionnelle. Enfin, les experts ont rappelé que la dose hebdomadaire tolérable provisoire pour l'aluminium, y compris par l'absorption d'additifs alimentaires, avait été fixée en 1989 à 7 mg/kg, et que la limite de 0,2 mg d'aluminium par litre pour l'eau potable avait été proposée par l'OMS en 1993, sur la base de critères non liés à la santé. Du côté des risques carcinogènes, aucune évaluation n'avait encore été faite par *l'International Agency for Research on Cancer* (IARC), mais l'on suspectait des cas de cancers en lien avec la production d'aluminium.

La même année, du 26 au 29 octobre 1997, une conférence internationale est organisée à Montréal sur « Managing Health in the Aluminium Industry », et réunit une quarantaine de chercheurs. Elle est sponsorisée par l'ensemble des producteurs mondiaux d'aluminium, en tête desquels les Britanniques (International Primary Aluminium Institute, IPAI) et les Américains (the Aluminum Association, AA), en coopération avec les producteurs d'Afrique du Sud, de Norvège, d'Australie, d'Europe, du Japon et du Québec. Elle s'inscrit dans une série de manifestations scientifiques sur la santé initiées depuis la fin des années 1970 par les industriels aux États-Unis : l'IPAI en 1977 et 1981, et l'AA en 1989, 1992 et 1994. En préambule, le président de l'IPAI, également président du groupe Kaiser Aluminum Corporation, y affirme la dimension globale des questions de santé : « Safety and health issues are driven by global (not national) health, safety and environmental issues and economic competition ⁵⁷³ », et justifie ainsi l'approche transnationale des questions liées de santé et de sécurité. Son propos semble d'autant plus justifié que la première communication, donnée par un médecin du travail, est chargée de donner un aperçu sur la façon dont les questions de santé ont été prises en compte par l'industrie de l'aluminium depuis 25 ans. Il évoque en particulier les conclusions des chercheurs du *Kettering Laboratory* de la *University of Cincinnati*⁵⁷⁴, sollicité par l'AA afin de faire une étude de la littérature sur l'aluminium et la santé, entre 1955 et 1988, et qui ont, à chaque fois, conclu qu'« il n'y avait pas lieu de s'inquiéter de la santé concernant l'exposition à l'aluminium⁵⁷⁵ ». Était-ce une façon de se dédouaner ? Oui sans aucun doute, car le nombre d'articles médicaux publiés pendant cette période contredit cette affirmation. Resterait néanmoins à comprendre les raisons de la position du *Kettering Laboratory* et ses critères d'analyse. Après 1988, cette veille scientifique avait été confiée à un autre laboratoire, celui de Dr. Henry Wisniewski, au New York State Institute for Basic Research in Developmental Disabilities. Outre les colloques financés par les industriels, ceux-ci ont aussi apporté leur aide financière dans les projets de recherches, notamment ceux du New

⁵⁷³ Nicholas D. Priest et Thomas V. O'Donnell (Ed.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, op. cit., p. v.

⁵⁷⁴ Ce laboratoire était né dans les années 1920 sous l'égide de General Motors, et portait le nom de Charles Kittering, Directeur au laboratoire central de recherche de *General Motors*. Son fondateur, le Dr Kehoe, était spécialisé dans le domaine de la médecine au travail et environnementale. Il est particulièrement connu pour avoir soutenu l'usage du plomb dans le carburant automobile, et avoir été au même moment conseiller spécial de Ethyl Corporation, un producteur de plomb tétraéthyle, composé ajouté dans le carburant. Cette substance fut interdite d'emploi par les États-Unis à partir de 1976, après un procès intenté par l'*Environmental Protection Agency*. Herbert L. Needleman (ed.), *Human Lead Exposure*, Boca Raton, CRC Press, 1991, p. 271 et suivantes.

⁵⁷⁵ John W. Kelly, « Overview of Health Issues for the Past Twenty-five Years in the Aluminium Industry », in Nicholas D. Priest et Thomas V. O'Donnell (Ed.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, op. cit., p. 6.

York State Institute for Basic Research in Developmental Disabilities consacrés aux relations entre aluminium et désordres neurologiques.

Une analyse plus poussée des conférenciers mériterait d'être menée, afin de connaître les parcours de chacun et les sources de financement utilisés, la pertinence et l'apport de la recherche menée. Néanmoins, il est intéressant de souligner certains éléments évidents à la lecture du rapport. En premier lieu, sur les 36 communications, 14 relèvent de salariés des entreprises d'aluminium ou liée à cette industrie : Alcan (5), Alcoa (4), Hydroaluminium (2), Reynolds (1), Energetica Inc. (1), Almax (1). Les 22 autres participants sont pour la plupart des scientifiques travaillant dans des structures publiques, sauf 4 qui se disent « consultants », et majoritairement nord-américains (13). Certains mentionnent clairement l'aide reçue par des industriels, mais ce n'est pas le cas de tous. Les contributions sont très inégales, entre une seule page et une dizaine pages, et toutes ne répondent pas aux standards scientifiques internationaux – absence de bibliographie par exemple. Enfin, il convient de souligner l'absence très significative des fabricants d'additifs alimentaires et de produits pharmaceutiques.

Il est difficile d'évaluer les apports scientifiques d'une telle manifestation, dont les actes sont publiés et accessibles sur le web⁵⁷⁶. Les quelques remarques précédentes peuvent suffire à en relativiser la portée, à défaut de pouvoir en estimer la valeur. L'objectif semble bien être ailleurs, et relever, pour les industriels, de stratégies en terme de santé au travail, de Recherche et développement, mais aussi de communication interne et externe sur les questions de santé.

Les questions de santé publique liées aux additifs et contaminants alimentaires ont donc considérablement progressé après la Seconde Guerre mondiale, du point de vue des moyens scientifiques mis en œuvre comme des pistes de recherche explorées et des aires géographiques concernées. Simultanément ou non, le comportement des acteurs a également subi de profonds changements. Les organisations internationales ont poussé à des collaborations internationales dont les effets ont concerné des champs très différents : le champ juridique, où l'on voit les législations nationales et européennes en matière d'environnement et de santé publique évoluer, la normalisation des protocoles d'expérimentation scientifiques quelle que soit la discipline, la connaissances des additifs alimentaires et de toutes les substances chimiques et de leurs effets toxiques, celle des

⁵⁷⁶ Priest Nicholas D., and Thomas V. O'Donnell, (eds.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, *op. cit.*

aliments avec l'établissement d'un document de référence international, le *Codex alimentarius*. Les industriels, pour ceux que nous avons vus, ont également réagi aux évolutions juridiques en cours et aux questions de la société civile, au delà de la figure du consommateur. Dans le cas des plastiques, Du Pont fait figure de pionnier sur le sol américain pour les réponses précoces apportées au risque industriel à la fois dans les usines, au contact de substances chimiques nouvelles, mais aussi dans les assiettes des consommateurs, avec les éventuelles contaminations. Si l'entreprise a pu mener seule ses recherches dans un premier temps, on voit un changement se produire dans les années 1970 et un changement d'échelle se produire : la complexité et le coût des études imposées par la loi, mais aussi rendues indispensables par les conséquences nocives à long terme de certains produits, exigent des industriels de mettre leurs moyens financiers en commun. Le cas de l'aluminium est moins clair : les organisations professionnelles financent des recherches, mais les entreprises, à titre individuel, ne semblent pas avoir investi dans la recherche médicale de façon significative. La maladie d'Alzheimer a constitué un tournant décisif dans les controverses et la recherche scientifique sur l'aluminium, et la crise de confiance qui s'en est suivie a obligé les producteurs d'aluminium à revoir leur stratégie en terme d'investissement dans la recherche et de communication. Il est plus difficile de dresser l'évolution de la perception des risques environnementaux, dans leur acceptation la plus large, par la société civile. Certains travaux s'accordent pour reconnaître l'importance d'un ouvrage grand public ou d'un article de presse : la date de publication est certes importante, mais souvent le texte agit comme un détonateur dans un terrain déjà miné. Reste à mesurer l'impact réel de ces documents selon l'objet étudié. Enfin, les pouvoirs publics ont dû s'adapter aux changements technologiques très rapides dans le domaine de la chimie organique notamment. Les collaborations entre les organismes publics et les entreprises privées sont justifiées par l'avance prise par ces dernières en termes de connaissances scientifiques, sur des substances dont elles ont inventé les usages. L'analyse des débats internes dans le cas de Du Pont permet de mesurer les positions divergentes quant à la place à accorder à la recherche toxicologique. La prise de conscience de la responsabilité des entreprises sur les effets toxiques à court, moyen et long termes des produits commercialisés ne fut ni immédiate, ni unanime. Les réponses en termes de management ont été d'autant plus difficiles à élaborer que les substances incriminées avaient des modes opératoires complexes. La maladie d'Alzheimer illustre cette situation.

Reste que les laboratoires publics ont dû rattraper le retard acquis, et le fossé était encore plus grand à combler, du côté français, après la guerre.

Conclusion générale

La question de l'innocuité alimentaire, depuis le XIX^e siècle, se situe entre les sciences, les techniques, la médecine, le marché, les entreprises, la société civile et le droit. Elle est sans cesse redéfinie et élargie par de multiples acteurs aux perspectives *a priori* divergentes. Est-ce la science qui est impuissante dans un monde toxique⁵⁷⁷ ? Est-ce le progrès dont les dégâts sont à gouverner⁵⁷⁸ ? Confronté à l'usage de plus en plus répandu des additifs alimentaires et des matériaux d'emballage, se pose désormais la question de l'expertise des associations, des citoyens et des administrations face aux entreprises et aux médecins. Comment les usages influent-ils sur les termes du débat ? Quelles sont les régulations effectives et pourquoi ? Autant de questions posées par une histoire des matériaux appliquée à l'alimentation et vue à l'échelle locale, nationale et globale.

De l'innocuité des matériaux de cuisine

Cette histoire des matériaux est abordée par le prisme des contenants et des additifs alimentaires, sur le temps long, et au travers de l'existence et de la perception des risques et des controverses suscitées. Elle offre une approche inédite de l'histoire de l'alimentation, où l'étude des emballages et autres casseroles est marginale, et montre comment la question des additifs est intimement liée à celle des matériaux vus comme de possibles contaminants.

Les casseroles et marmites d'autrefois n'étaient ni saines ni sûres et elles posaient de sérieux problèmes de toxicité. En effet, la question de leur nocuité est centrale dans les publications scientifiques du XVIII^e et du début du XIX^e siècles qui traitent de médecine et de toxicologie. Le choix des matériaux pour cuire les aliments est, à cette période, limité et aucun n'est sans risque, en particulier en raison de la présence du plomb – terre vernissée plombifère, fer étamé, étain – ou du cuivre dont l'excès d'absorption est toxique. La cuisson comme la conservation des denrées alimentaires n'offrent pas de solutions parfaitement saines. Dans ce contexte, la quête d'un métal parfaitement sain se justifiait pleinement.

Pour une histoire de la confiance

⁵⁷⁷ Soraya Boudia et Nathalie Jas (eds.), *Powerless Science? Science and Politics in a Toxic World*, New York, Berghahn Books, 2014.

⁵⁷⁸ Dominique Pestre, *Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*, Paris, La Découverte, 2014.

L'étude de la régulation des additifs et contaminants alimentaires de la fin de l'époque moderne jusqu'à celle du XX^e siècle a permis de comprendre la nature des substances incriminées et la construction de la connaissance scientifique. La recherche médicale a nourri l'action de l'État et du législateur, avec une prise en compte du principe de précaution déjà en pratique dans la France du XIX^e siècle. La recherche en chimie et la découverte de nouvelles substances se sont doublées d'une analyse de leurs caractéristiques et effets indésirables, et les scientifiques ont fait montre, dans les cas étudiés, de beaucoup de prudence dans leurs conclusions. Les colorants en particulier, dont l'usage dans le textile a été très visible et marquant pour les contemporains, ont suscité, en France, beaucoup de réserves de la part du Bureau d'hygiène et la mise en place d'une législation très stricte. La chronologie des législations fonctionne de ce point de vue comme un baromètre de la confiance des membres de ce Bureau et de l'Académie de médecine dans la mise en œuvre industrielle des nouvelles substances. La comparaison avec le cas américain et la controverse autour de la levure chimique soulignent à l'inverse combien le bureau de l'USDA a peu de moyens pour faire entendre son point de vue et imposer des contraintes législatives jusqu'à la mise en place de la Food and Drug Law de 1908, avec toutes ses imperfections. Ce sont donc les tribunaux, dans chaque État, qui ont pour charge d'arbitrer sur les emplois des additifs alimentaires, et seulement lorsqu'ils sont saisis par un industriel dans le cadre d'une rivalité industrielle. L'intérêt et la santé du consommateur sont bien loin des préoccupations.

Peut-on faire confiance à l'aluminium ?

Quels sont les risques liés à sa consommation dans les usages alimentaires ? Nous avons cherché à répondre à ces questions dans une perspective historique. Or, de même que la recherche scientifique et technique s'accompagne d'échecs et de réussites, de même la perception et la réception des nouveaux matériaux par le public, spectateur ou usager, suscite enthousiasme, réticences, acceptations et rejets, au rythme de chronologies entremêlées.

Le travail des scientifiques a permis la construction des premières connaissances physico-chimiques de façon globale, en prenant en compte les formes métallique et d'oxyde métallique, et la question de la toxicité a été envisagée immédiatement. La période des origines jusqu'aux années 1930 est caractérisée, en Europe, par la prédominance des approches scientifiques favorables à l'innocuité de l'aluminium, en lien avec les usages militaires. Les années entre 1854 et 1888-1889 sont fondamentales dans la construction sociale de l'aluminium, lequel a été espéré, cherché, puis décrit et soutenu

comme « le » matériau de cuisine le plus hygiénique. Et ce dans un contexte où les scientifiques s'interrogent sur l'ensemble des matériaux, et où même le papier pour emballage présente des risques de toxicité contre lesquels le législateur intervient. L'enthousiasme d'Henri Sainte-Claire Deville et de ses pairs est d'autant plus grand que le métal, outre ses qualités physiques et chimiques, présente une absence d'odeur, à la différence du fer, du cuivre ou de la bakélite. Le camp des travaux critiques est alors extrêmement faible, et, pour ce qui est d'Alfred Ditte, celui-ci se range *in fine* à la position dominante, non sans raison.

La situation est en revanche tout autre aux États-Unis, où des travaux beaucoup plus critiques sont menés. Ils sont motivés par l'emploi du sulfate d'aluminium à la place du tartrate dans la fabrication de la levure chimique, et envisagent la toxicité de l'aluminium à la fois sous forme métallique comme contaminant possible et sous forme non métallique, dans la levure. On assiste rapidement à un clivage de la communauté scientifique, et non des moindres. D'un côté, sont réunis les partisans de l'innocuité de l'aluminium, le Dr E. E. Smith, président de l'Académie de médecine de New York, dont les travaux sont financés par les producteurs de levure depuis 1879, et le comité Remsen composé de sommités scientifiques réunies à la demande du président Roosevelt en 1908. De l'autre, se trouvent H. W. Wiley, le chef du Bureau de chimie du ministère de l'Agriculture, une figure emblématique de la régulation alimentaire, et William J. Gies, fondateur du Département de biochimie du College of Physicians & Surgeons à Columbia University, dont les travaux, réalisés entre 1880 et 1914, sont renforcés par ceux de Franck P. Underhill, toxicologue, et de Florence Irene Peterman, PhD, à l'université Yale.

Dans la seconde période, de l'entre-deux-guerres aux années 1960, la question de l'innocuité de l'aluminium est entrée dans l'espace public dans les pays anglo-saxons, et les efforts ont visé à construire ou conforter la confiance des consommateurs. La polémique des années 1930 au Royaume-Uni est lancée par un médecin généraliste, le docteur Le Hunte Cooper, qui ne parvient pas à faire valoir ses observations et ses travaux dans les revues médicales anglaises. Son choix de publier son étude sous forme d'opuscule suscite un fort intérêt et l'ouvrage doit être réédité à trois reprises en deux ans. Le débat s'installe donc à cheval entre espace scientifique et domaine public, et l'on voit la communauté des médecins de ville s'exprimer dans les colonnes de la presse médicale. Les hypothèses du docteur Le Hunte Cooper sont rapidement reprises sous forme de pamphlets à charge contre l'aluminium, à destination du grand public, et complété par une argumentation peu solide. Ces documents sont réimprimés après la Seconde Guerre mondiale, et encore disponibles sur Internet en 2015. Aux États-Unis, on observe le même phénomène avec les opuscules et articles produits par

Charles T. Betts, un dentiste, à partir de 1928. Leur contenu est beaucoup plus polémique, voire fantaisiste. L'homme s'est investi dans une véritable croisade contre l'aluminium et bénéficie du soutien à la fois des groupes favorables à la *Pure food*, et des Témoins de Jehovah. Il utilise en partie les travaux scientifiques critiques vis-à-vis de l'aluminium pour parvenir à ses fins, et alimente une sorte de théorie du complot.

Enfin, à partir des années 1970, le problème a pris une dimension plus globale : la toxicité de l'aluminium pour la santé publique et professionnelle est entrée dans le débat public via la recherche sur la maladie d'Alzheimer. Les moyens de communication nouveaux favorisent les échanges scientifiques de même que l'évolution des médias favorise leur diffusion vers le grand public. La question de l'innocuité de l'aluminium, à la fois métallique et sous forme non métallique, vise désormais toute la filière, de la production à la consommation. L'approche est devenue nécessairement globale, sous la pression de la société civile et d'une régulation de plus en plus forte. Ce mouvement se répercute dans les stratégies de communication adoptées par les entreprises : des documents de communication externe sont conçus pour répondre à la question de la toxicité de l'aluminium, et ils englobent à la fois les problèmes de santé au travail, de pollution environnementale et d'innocuité alimentaire.

L'histoire environnementale et les matériaux

Notre propos était de croiser les problématiques de l'histoire environnementale avec celles de l'histoire des matériaux, dans une perspective d'histoire des sciences et des techniques et d'histoire des entreprises. Comment, à partir de l'histoire des matériaux, et non des usines ou des territoires, est-il possible de construire une histoire environnementale des matériaux ou une histoire des matériaux dans l'environnement, ou une histoire de l'usage des matériaux et de leurs risques sur le temps long... ? Les approches sont multiples.

Ce travail s'inscrit dans l'histoire environnementale du point de vue de la production et de la consommation⁵⁷⁹ des produits finis, voire du recyclage, même si ce dernier aspect est peu développé. Depuis le XIX^e siècle, la recherche sur l'innocuité des matériaux lie donc intrinsèquement leur production et leur consommation et prend place au cœur de la réflexion et des travaux des chercheurs. La conscience que la production et la consommation de nouveaux matériaux, comme des plus anciens, ont des incidences graves sur

⁵⁷⁹ Robert N. Chester III and Nicolaas Mink, « Having Our Cake and Eating It Too: Food's Place in Environmental History, A Forum », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 309-311. Nicolaas Mink, « It Begins in the Belly », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 312-322. Nancy Shoemaker, « Food and the Intimate Environment », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 339-344.

l'environnement et sur les hommes est bien présente depuis l'époque moderne, et les publications scientifiques en témoignent. Notre enquête démontre aussi comment certains industriels ont fait face à ces problèmes de santé qu'ils ne pouvaient ignorer, soit par l'externalisation de la recherche auprès d'organismes de recherche publics, soit par la création d'un laboratoire de toxicologie dans le cas de Du Pont aux États-Unis. Ce dernier cas renforce l'idée que la question de la toxicité des matériaux à usage alimentaire était présente, et plus ou moins bien prise en compte, dans les entreprises dès avant l'entre-deux-guerres. En France, certains confiseurs qui utilisent des colorants de synthèse sont cependant un exemple du déni des risques alimentaires : alors que la loi leur interdit d'utiliser certaines substances, ils invoquent l'usage de ces mêmes substances sans accident et tentent d'obtenir gain de cause malgré l'avis des scientifiques. La réticence du monde de la conserverie à cesser l'usage du plomb est tout aussi révélatrice. Pourtant les risques sont parfaitement identifiés, que ce soit pour la contamination des denrées contenues ou une fois la boîte vidée de son contenu. Seule la loi permet de faire cesser l'usage du plomb dans cette application, mais avec une lenteur redoutable et stupéfiante. Difficile de conclure, comme David Knight, que les chimistes bénéficiaient d'un regard très favorable de l'opinion publique : le propos mérite d'être nuancé, en fonction des travaux menés par ceux-ci et de leur intérêt en faveur ou en défaveur de l'industrie.

Dans l'entre-deux-guerres aux États-Unis, la naissance de la cellophane offre un autre cas de figure. La mise en œuvre de ce nouvel emballage alimentaire voit se poser les questions d'innocuité dans différents cas, dans un contexte de très fort progrès de la chimie. Le comportement des denrées dans la cellophane pose problème, et seul l'argument de la rapidité des ventes sous cellophane permet d'y parer. La volonté de certains utilisateurs de se servir de la cellophane autrement pousse l'entreprise Du Pont à mettre au point des additifs qui sont ajoutés soit aux denrées soit au matériau d'emballage. La cellophane, en réalité, n'est pas un matériau inerte, à l'inverse de ce qui est prétendu par l'industriel. L'activité de Du Pont n'est pas limitée à la cellulose car le département des plastiques connaît au même moment un très fort développement, avec des fabrications qui ne sont pas, au départ, dans le domaine de l'alimentation. La question de la toxicité ne se pose donc pas dans les mêmes termes. Cependant les cas de cancers apparus dans les usines de production ont contraint cette entreprise à en chercher l'origine et, ce faisant, à se poser la question des effets des produits fabriqués sur les consommateurs. La création du laboratoire d'Haskell a été l'outil stratégique décidé pour répondre à cette situation de crise, alors même que plusieurs scandales sanitaires étaient survenus.

Une question d'actualité

La période des années 1990 ouvre une nouvelle ère avec de nouveaux acteurs et la recherche historique reste à mener. Nous avons pu voir comment les industriels de l'aluminium s'étaient organisés à l'échelle internationale, sous l'impulsion du puissant syndicat américain de l'aluminium. Leur riposte passe à la fois par la publication d'opuscules de vulgarisation rassurants et par l'organisation de congrès en apparence scientifiques, et dont les travaux sont largement diffusés par Internet. La puissance de ces groupes industriels est redoutable. Dans le camp adverse, une initiative a vu le jour, inédite, le *Keele Meeting*, en 1991, organisé par le professeur Chris Exley, de Keele University. Ce congrès se réunit tous les deux ans et présente une interdisciplinarité rare et fondamentale. Le parti pris est ici de considérer l'aluminium sous toutes ses formes, partout où il peut être présent, et de le rechercher systématiquement dans toutes les pathologies. Cette démarche renvoie avec une similitude très forte aux commencements de la recherche sur l'aluminium, au temps où l'on tentait de l'isoler dans les plantes, de le nommer dans les argiles, de le quantifier dans le corps... La communauté scientifique qui travaille aujourd'hui sur ces questions a pris une amplitude inégalée, avec des travaux menés sur l'ensemble de la planète, et des problématiques qui ont évolué avec le renforcement des risques environnementaux. L'hypothèse selon laquelle les millions de tonnes d'aluminium produits depuis 1855 ne retournent pas facilement et sans conséquence dans l'environnement mérite d'être interrogée⁵⁸⁰. Il en est de même de la question de l'aluminium dans les adjuvants vaccinaux : l'histoire de l'usage médical des sels d'aluminium reste à écrire, à partir des travaux scientifiques et des archives pharmaceutiques. L'histoire de la controverse qui est apparue depuis 10 ans mérite d'autant plus que l'on s'y attache qu'elle fait intervenir des acteurs que nous n'avons pas rencontrés pour la période considérée dans cette étude : les associations de malades, dont l'action sur les pouvoirs publics et la recherche est devenue incontournable⁵⁸¹.

Le rôle des organisations internationales et des organisations non gouvernementales dans le domaine de l'alimentation et de la santé mérite aussi que l'on y porte une attention particulière : créées pour protéger efficacement et de manière égale les

⁵⁸⁰ Chris Exley, « Human exposure to aluminium », *Environmental Science*, 2013, 15, August, p. 1807-1816.

⁵⁸¹ Sur ce point, cf. par exemple Sophie Chauveau, « Du don à l'industrie. La transfusion sanguine en France depuis les années 1940 », *Terrain*, n° 56, mars 2011, p. 74-89 et « Malades ou consommateurs ? La consommation de médicaments en France (second XX^e siècle) », in Marie Chessel, Alain Chatriot et Matthew Hilton (dir.), *Au nom du consommateur. Consommation et politique en Europe au XX^e siècle*, Paris, La Découverte, 2005, p. 182-195.

citoyens de par le monde, leurs moyens et leur légitimité sont sans cesse menacés⁵⁸². Les suspicions à leur encontre, les controverses que suscitent certaines de leurs conclusions demandent à être mises en perspectives par une analyse historique de l'ensemble des acteurs impliqués, à partir d'études de cas concrets.

La question des additifs alimentaires reste entière, vaste et pourtant fondamentale dans la consommation alimentaire du XXI^e siècle. Elle devra être abordée avec une approche multi scalaire et pluridisciplinaire, en histoire des sciences et des techniques, histoire des entreprises, histoire de la consommation mais aussi médecine, biologie, chimie... Nous avons pu déjà évoquer à quel point l'histoire des entreprises agroalimentaires pourrait nous permettre d'affiner les chronologies et de quantifier la nature et les volumes de composants mis en œuvre. La question est posée par nos collègues médecins, spécialistes des maladies digestives⁵⁸³. La cartographie des malades tend à penser que l'environnement joue un rôle important dans la survenue de la maladie de Crohn. L'eau peut en être un des vecteurs, avec l'usage des sels d'aluminium dans les filtres de traitement dans les stations d'épuration, mais la nourriture aussi, en fonction des habitudes alimentaires. Or, de ce point de vue, les plats préparés comme les produits laitiers comportent des quantités très significatives d'additifs.

Enfin, la perception et la réception des travaux de cette communauté dans l'espace public, scientifique et politique seront un axe à développer, tant il est important de comprendre et déconstruire le jeu des acteurs, leurs moyens et leurs finalités. Des moments clefs seront retenus, comme les expositions de vulgarisation scientifique, les auditions par les pouvoirs publics, les rapports publiés à analyser selon leurs commanditaires. C'est le paysage mondial de la recherche sur l'aluminium qui est à étudier afin de comprendre où se situent les lieux de progrès et ceux de ralentissements.

⁵⁸² Anne Peters, « Le cheminement historique des organisations internationales entre technocratie et démocratie », in Vincent Chétail (ed.), *Mélanges à Peter Haggemacher* Leiden, Brill, 2011.

⁵⁸³ Guillaume Pineton de Chambrun, Pierre Desreumaux et alii., « Aluminum enhances inflammation and decreases mucosal healing in experimental colitis in mice », *Mucosal Immunology*, October 2013, p. 1-13.

BIBLIOGRAPHIE

ORIENTATION ET MÉTHODE

- Appadurai Arjun (ed.), *The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspectives*, Londres-New York, Cambridge University Press, 1986.
- Boudia Soraya et Jas Nathalie (eds.), *Powerless Science? Science and Politics in a Toxic World*, New York, Berghahn Books, 2014.
- Beck Ulrich, *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Aubier, 2001.
- Brimblecombe Peter, Pfister Christian (eds.), *The Silent Countdown, Essays in European Environmental History*, Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- Caron François, *La dynamique de l'innovation. Changement technique et changement social (XVI^e – XX^e siècle)*, Paris, Gallimard, 2010.
- Gaudillière Jean-Paul, *La médecine et les sciences XIX^e-XX^e siècles*, Paris, La Découverte, 2006.
- Hosking Geoffrey, *Trust. A History*, Oxford, Oxford University Press, 2014.
- Jones Geoffrey et Zeitlin Jonathan (eds.), *The Oxford Handbook of Business History*, Oxford, Oxford University Press, 2008.
- Pestre Dominique, *Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*, Paris, La Découverte, 2014.
- Scranton Philip et Fridenson Patrick, *Reimagining Business History*, Baltimore, John Hopkins University Press, 2013.
- Stigler George G., « The Theory of Economic Regulation », *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 2, n°1, Spring, 1971, p. 3-21.
- Varaschin Denis (dir.), *Risques et prise de risque dans les sociétés industrielles*, Bruxelles, P.I.E. Peter Lang, 2007.

ALIMENTATION

- Becker Karin, « Studia Alimentarum 2003-2013, Une décennie de recherches », *Food & History*, Vol. 10, 2012.

Bibliographie

- Belasco Warren et Scranton Philip (eds.), *Food Nations: Selling Taste in Consumer Societies*, New York, Routledge, 2002.
- BildtgArd Torbjorn, « Trust in food in modern and late-modern societies », *Social Sciences Information*, 47(1), Paris, 2008, p. 99-128.
- Binkert E.F., Lolari O.E., « The history and use of nitrate and nitrite in the curing of meat », *Food and Cosmetics Toxicology*, 13, 6, 1975, p. 655-661.
- Bonneau Michel, *La table des pauvres. Cuisiner dans les villes et cités industrielles, 1780-1950*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2013.
- Brears Peter, Black Maggie, Corbishley Gill, *A Taste of History. 10000 Years of Food in Britain*, Londres, English Heritage, 1993.
- Brewer John and Porter Roy (eds.), *Consumption and the World of Goods*, New York, Routledge, 1993.
- Bruegel Martin, « « Un sacrifice de plus à demander au soldat » : l'armée et l'introduction de la boîte de conserve dans l'alimentation française, 1872-1920 », *Revue historique*, 1995/3, n° 256, p. 259-284.
- Bruegel Martin, « Du temps annuel au temps quotidien : la conserve appertisée à la conquête du marché, 1810-1920 », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 44-1, janvier-mars 1997, p. 40-67.
- Bruegel Martin et Laurieux Bruno, *Histoire et identités alimentaires en Europe*, Paris, Hachette Littérature, 2002.
- Bruegel Martin, « How the French Learned to eat Canned Food, 1809-1930s », in Belasco Warren et Scranton Philip (eds.), *Food Nations: Selling Taste in Consumer Societies*, New York, Routledge, 2002.
- Bruegel Martin et Stanziani Alessandro, « Pour une histoire de la “sécurité alimentaire” », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 51-3, 2004, p. 7-16.
- Burnett John, *Plenty and Want: A Social History of Food in England from 1815 to the Present Day*, third edition, Londres, Routledge, 1989.
- Burnett John and Oddy Derek J. (eds.), *The Origins and Development of Food Policies in Europe*, Londres, Leicester University Press, 1994.
- Canu Roland et Cochoy Franck, « La loi de 1905 sur la répression des fraudes. Un levier décisif pour l'engagement politique des questions de consommation ? », *Sciences de la Société*, n° 62, mai 2004, p. 69-91.
- Claflin Kyri W., « A Decade of Rapid Growth in Food History and Food Studies Research in the US », *Food & History, Une décennie de recherche*, volume 10, 2012.
- Commission des communautés européennes, *Les additifs alimentaires et le consommateur*, Luxembourg, Office des publications officielles des communautés européennes, 1980.
- Dessaux Pierre-Antoine, « Comment définir les produits alimentaires ? L'élaboration des références pour l'application de la loi du 1^{er} août 1905 entre expertise et consensus professionnel », *Histoire, économie et société*, 25^e année, n° 1, 2006, p. 83-108.

- Dessaux Pierre-Antoine, « Une coopération conflictuelle au cœur de la consommation de masse : les relations industrie-commerce dans l'alimentaire en France, 1900-1970 », in Alain Chatriot, Marie-Emmanuelle Chessel et Matthew Hilton (dir.), *Au nom du consommateur. Consommation et politique en Europe et aux États-Unis au XX^e siècle*, Paris, La Découverte, 2004.
- Drouard Alain et Williot Jean-Pierre (dir.), *Histoire des innovations alimentaires : XIX^e et XX^e siècles*, Paris, L'Harmattan, 2007.
- Ferrières Madeleine, *Histoire des peurs alimentaires, Du Moyen Âge à l'aube du XX^e siècle*, Paris, Éditions du Seuil, 2002.
- Ferrières Madeleine, *Nourritures canailles*, Paris, Éditions du Seuil, 2007.
- Finlay Mark R., « Quackery and Cookery: Justus Liebig's Extract of Meat and the Theory of Nutrition in the Victorian Age », *Bulletin of the History of Medicine*, 66, 1992, p. 404-418.
- Finstad Terje, « Familiarizing Food: Frozen Food Chains, Technology, and Consumer Trust, Norway 1940–1970 », *Food and Foodways: Explorations in the History and Culture of Human Nourishment*, Volume 21, Issue 1, 2013, p. 22-45.
- Fischler Claude et Masson Estelle, *Manger. Français, Européens et Américains face à l'alimentation*, Paris, Odile Jacob, 2008.
- Fischler Claude, *L'Homnivore, le goût, la cuisine et le corps*, Paris, Odile Jacob, 2001.
- Flandrin Jean-Louis et Massimo Montanari (dir.), *Histoire de l'alimentation*, Paris, Fayard, 1996.
- Foley John, *The Food makers: A history of General Food*, Banbury, General Foods, 1972.
- Fourgoux Jean-Claude et Cheftel Henri, *La Fabrication et la vente des produits alimentaires conservés, statut juridique*, Paris, Éditions "Revue de la conserve", 1956.
- Fourgoux Jean-Claude et Cheftel Henri, *Statut juridique des produits alimentaires conservés*, Paris, Éditions Altil, 1963.
- French Michael and Phillips Jim, *Cheated not poisoned ? Food regulation in the United Kingdom, 1875-1938*, Manchester, Manchester University Press, 2000.
- Goodwin Lorine Swainston, *The Pure Food, Drink, and Drug Crusaders, 1879-1914*, Jefferson, McFarland, 2006.
- Guillaume Pierre, *Histoire sociale du lait*, Paris, Christian, 2003.
- Guillaume Pierre, « Combattre la fraude sur le lait », in Gérard Béaur, Hubert Bonin et Claire Lemercier (dir.), *Fraude, contrefaçon et contrebande de l'Antiquité à nos jours*, Genève, Droz, 2006, p. 579-591.
- Hachez-Leroy Florence, « Polémique autour d'un nouveau matériau : l'aluminium dans la cuisine XIX^e–XX^e siècles », in A. Drouard et J.-P. Williot (dir.), *Histoire des innovations alimentaires (XIX^e et XX^e siècles)*, Paris, L'Harmattan, 2007.
- Hachez-Leroy Florence, « Aluminium in health and food: a gradual global approach », *European Review of History: Revue européenne d'histoire*, 20:2, 2013, p. 217-236.

Bibliographie

- Hilts Philip J., *Protecting America's Health. The FDA, Business, And One Hundred Years Of Regulation*, New York, Alfred A. Knopf, 2003.
- Horowitz Roger, *Putting Meat on the American Table: Taste, Technology, Transformation*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2005.
- Horrocks Sally M., « Quality control and research: the role of scientists in British food industry, 1870-1939 », in John Burnett and Derek J. Oddy (eds.), *The Origins and Development of Food Policies in Europe*, Londres, Leicester University Press, 1994, p. 130-145.
- Janssen Wallace F., « The Squad That Ate Poison », *FDA Consumer* 15, December 1981-January 1982, p. 6-11.
- Lehman A. J. and FDA Staff, « Procedures for Appraisal of the Toxicity of Chemicals in Foods, Drugs and Cosmetics », *Food and Drug Cosmetic Law Journal*, September 1949, p. 679-748.
- Merrill Richard A., « Food Safety Regulation: Reforming Delaney Clause », *Annual Review Public Health*, 18, 1997, p. 318-340.
- OCDE, *Food Consumption Statistics, 1970-1975*, Paris, 1978.
- Oddy Derek J. and Burnett John, « British diet since industrialization: a bibliographical study », in Hans J. Teuteberg (ed.), *European Food History. A Research Review*, Leicester, Leicester University Press, 1992, p. 19-44.
- Okun Mitchell, *Fair Play in the Marketplace: The First Battle for Pure Food and Drugs*, DeKalb, Northern Illinois University Press, 1986.
- Oldenziel Ruth and Zachmann Karin (eds.), *Cold War Kitchen*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2009.
- Østby Per et Zachmann Karin, « Food, Technology, and Trust, an Introduction », *History and Technology :An International Journal*, Vol. 27, n° 1, March 2011, Special Issue: Food, Technology, and Trust, p. 1-10.
- Rowley Anthony, *Une histoire mondiale de la table. Stratégies de bouche*, Paris, Odile Jacob, 2009.
- Spary Emma C., *Eating the Enlightenment, Food and the Sciences in Paris, 1670-1760*, Chicago, The University of Chicago Press, 2012.
- Stanziani Alessandro (dir.), *La qualité des produits en France (XVIII^e-XX^e siècles)*, Paris, Belin, 2003.
- Stanziani Alessandro, « La fraude dans l'agro-alimentaire. Genèse historique : la falsification du vin en France, 1880-1905 », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 50-2, 2003, p. 154-186.
- Stanziani Alessandro, *Histoire de la qualité alimentaire. France XIX^e-XX^e siècles*, Paris, Seuil, 2005.
- Teuteberg Hans J. (ed.), *European Food History. A Research Review*, Leicester, Leicester University Press, 1992.
- Teuteberg Hans J., « Food adulteration and the beginnings of uniform food legislation in late nineteenth-century Germany », in John Burnett and Derek J. Oddy (eds.), *The*

- Origins and development of Food Policies in Europe*, Leicester, Leicester University Press, 1994, p. 147-157.
- Vaclavik Vickie and Christian Elizabeth W., *Essentials of Food Science*, 4th edition, New York, Springer, 2013.
 - Vincent Pierre-Marie, *Le droit de l'alimentation*, Paris, PUF, 1996.
 - Wilson C. Anne (ed.), *'Waste Not, Want Not', Food preservation from early times to the present day*, Edinburgh, Edinburgh University Press, 1991.
 - Williot Jean-Pierre (dir.), « Approvisionnement ferroviaire et pratiques alimentaires des citadins », *Revue d'Histoire des chemins de fer*, n° 41, 2009.
 - Williot Jean-Pierre, « De la confiance à la méfiance : la problématique du risque alimentaire en France depuis les années 1970 », in D. Varaschin (dir.), *Risques et prise de risque dans les sociétés industrielles*, Bruxelles, P.I.E. Peter Lang, 2007, p. 151-166.
 - Young James Harvey,
 - « The Science and Morals of Metabolism: Catsup and Benzoate of Soda », *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 23, 1968, p. 86-104.
 - « 'This Greasy Counterfeit': Butter Versus Oleomargarine in the United States Congress, 1886 », *Bulletin of the History of Medicine*, 53, 1979, p. 392-414.
 - *Pure Food Securing the Federal Food and Drug Act of 1906*, Princeton, Princeton University Press, 1989.
 - « Food and Drug Regulation Under the USDA, 1906-1940 », *Agricultural History*, Vol. 64, n° 2, *The United States Department of Agriculture in Historical Perspective*, Spring, 1990, p. 134-142.
 - « Chapman », *Analyst*, vol. 57, n° 681, décembre 1932, p. 745-749.

CONSOMMATION, MARCHÉS

- Berghoff Hartmut, Scranton Philip and Spiekermann Uwe (eds.), *The Rise of Marketing and Market Research*, New York, Palgrave Macmillan, 2012.
- Caron François, « L'embellie parisienne à la Belle Époque. L'invention d'un modèle de consommation », *Vingtième siècle. Revue d'histoire*, vol. 47, 1995, p. 42-57.
- Chandler Alfred D. Jr., *Organisation et performance des entreprises*, tome I, Paris, Éditions d'Organisation, 1992.
- Charpy Manuel, *Le théâtre des objets. Espaces privés, culture matérielle et identité bourgeoise, Paris, 1830-1914*, thèse de doctorat d'histoire sous la direction de Jean-Luc Pinol, Université François Rabelais de Tours, 2010.
- Chatriot Alain et Chessel Marie-Emmanuelle (dir.), *Au nom du consommateur. Consommation et politique en Europe et aux États-Unis au XX^e siècle*, Paris, La Découverte, 2005.
- Chauveau Sophie (dir.), *Consommer en masse, Vingtième Siècle*, n° 91, 2006.
- Chessel Marie-Emmanuelle, *Histoire de la consommation*, Paris, La Découverte, 2012.

Bibliographie

- Cochoy Franck, *Une sociologie du packaging, ou l'âne de Buridan face au marché*, Paris, Presses universitaires de Rennes, 2002.
- Cochoy Franck, *Aux origines du libre-service, Progressive Grocer (1922-1959)*, Lormont, Éditions Le bord de l'eau, 2014.
- De Grazia Victoria and Furlough Ellen (eds.), *The Sex of Things. Gender and Consumption in Historical Perspective*, Berkeley, University of California Press, 1996.
- Delalande Nicolas, « Une histoire de la confiance est-elle possible ? Remarques sur l'imaginaire historique de deux économistes », *La Vie des idées*, 24 juin 2008.
- Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes, *La loi du 1^{er} août 1905 : 100 ans de protection des consommateurs*, Paris, La documentation française, 2007.
- Fourgoux Jean-Claude, Mihailov Jeanne, Jeannin Marie-Véronique, *Principes et pratique du droit de la consommation*, Paris, J. Delmas, 1979.
- Hilton Matthew, *Consumerism in Twentieth Century Britain: The Search for a Historical Movement*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
- Joly Hervé, *Les Gillet de Lyon : fortunes d'une grande dynastie industrielle (1838-2015)*, Genève, Droz, 2015.
- Jones Geoffrey and Tedlow Richard S. (eds.) *The Rise and Fall of Mass Marketing*, Londres, Routledge, 1993.
- Mangematin Vincent et Thuderoz Christian, *Des mondes de confiance, Un concept à l'épreuve de la réalité sociale*, Paris, CNRS Éditions, 2004.
- Martin Marc, *Trois siècles de publicité en France*, Paris, Odile Jacob, 1992.
- McGlade Jacqueline, « Business as (Un)Usual: DuPont, Comptoir des Textiles Artificiels and the Post First World War Internationalization of the Synthetic Products Industry », in Andrew Smith, Kevin D Tennent, Simon Mollan, *The Impact of the First World War on International Business*, Londres, Routledge, 2017.
- Meuleau Marc, « De la distribution au marketing (1880 - 1939), Une réponse à l'évolution du marché », *Entreprises et Histoire*, n° 3, mai 1993, p. 61-74.
- Meuleau Marc, « L'introduction du marketing dans l'entreprise en France (1880-1973) », *Revue Française de Gestion*, n° 70, septembre - octobre 1988, p 58-71.
- Oldenziel Ruth et Hard Mikael, *Consumers, Tinkerers, Rebels. The people Who Shaped Europe*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2013
- Oudshoorn Nelly and Pinch Trevor (eds.), *How users matter. The co-construction of users and technology*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2003.
- Roche Daniel, *Histoire des choses banales*, Paris, Fayard, 1997.
- Roche Daniel, *La culture des apparences*, Paris, Seuil, 1989.
- Tedlow Richard S., *L'audace et le marché. L'invention du marketing aux États-Unis*, Paris, Odile Jacob, 1997. [Trad. de *New and Improved: The Story of Mass Marketing in America*, New York, Basic Books, 1990]

- Trentmann Frank (ed.), *The Making of the Consumer. Knowledge, Power and Identity in the Modern World*, Oxford, Berg, 2006.
- Trentmann Frank (ed.), *The Oxford Handbook of the History of Consumption*, Oxford, Oxford University Press, 2012.

TOXICOLOGIE, ENVIRONNEMENT, EXPERTISE ET RISQUE SANITAIRE

- Backouche Isabelle (dir.), « Devenir expert », *Genèses*, n° 70, 2008.
- Backouche Isabelle (dir.), « Expertise », *Genèses*, n° 65, 2006.
- Barles Sabine, *La ville délétère. Médecins et ingénieurs dans l'espace urbain, XVIII^e-XIX^e siècle*, Seyssel, Champ Vallon, 1999.
- Baratin François (dir.), « La sécurité dans l'industrie », *Entreprises et Histoire* n° 17, décembre 1997.
- Bauman Zygmunt, *Le présent liquide. Peurs sociales et obsession sécuritaire*, Paris, Seuil, 2007.
- Beck Ulrich, *Pouvoir et contre-pouvoir à l'heure de la mondialisation*, Paris, Flammarion, 2002.
- Berg Clarence P., *The University of Iowa and Biochemistry from their Beginnings*, Iowa City, The University of Iowa, 1980.
- Béaur Gérard, Bonin Hubert et Lemercier Claire (dir.), *Fraude, contrefaçon et contrebande de l'Antiquité à nos jours*, Genève, Droz, 2006.
- Bergman Jerry, « Toledo Dentist Charles Betts and the Health Crusade Against Aluminum », *OhioHistory*, vol. 118, 2011, p. 91-111.
- Bernhardt Christoph et Massard-Guilbaud Geneviève (dir.), *Le démon moderne. La pollution dans les sociétés urbaines et industrielles d'Europe*, Clermont-Ferrand, Presses universitaires Blaise Pascal, 2002.
- Blanc Paul B., *How Everyday Products Make People Sick: Toxins at Home and in the Workplace*, Berkeley, University of California Press, 2007.
- Bonneuil Christophe et Fressoz Jean-Baptiste, *L'événement anthropocène : La Terre, l'histoire et nous*, Paris, Seuil, 2013.
- Bouillet Daniel, *Entreprises et environnement en France de 1960 à 1990. Les chemins d'une prise de conscience*, Genève, Librairie Droz, 2006.
- Bourdelais Patrice (dir.), *Les hygiénistes : enjeux, modèles et pratiques*, Paris, Éditions Belin, 2001.
- Bourdelais Patrice et Fijalkow Yankel, « Les grandes villes françaises et la loi de 1902 (anticipations et applications, 1880-1980) », *Ruptures, revue transdisciplinaire en santé*, vol. 10, n° 1, 2004, p. 105-116.
- Brimblecombe Peter et Pfister Christian (eds.), *The Silent Countdown. Essays in European Environmental History*, Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- Buzzi Stéphane, Rosental Pierre-André, et Devinck Jean-Claude, *La santé au travail, 1880-2006*, Paris, La Découverte, 2006.

Bibliographie

- Chambless William, *Fifty Years of Research and Service. Haskell Laboratory for Toxicology and Industrial Medicine*, Wilmington (Delaware), Chambless William Print, 1985.
- Chauveau Sophie, « Genèse de la « sécurité sanitaire » : les produits pharmaceutiques en France aux XIX^e et XX^e siècles » *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 52-2, 2004, p. 88-117.
- Chauveau Sophie, « Du don à l'industrie. La transfusion sanguine en France depuis les années 1940 », *Terrain*, n° 56, mars 2011, p. 74-89
- Chauveau Sophie, « Malades ou consommateurs ? La consommation de médicaments en France (second XX^e siècle) », in Marie Chessel, Alain Chatriot et Matthew Hilton (dir.), *Au nom du consommateur. Consommation et politique en Europe au XX^e siècle*, Paris, La Découverte, 2005, p. 182-195.
- Chester Robert N. III and Mink Nicolaas, « Having Our Cake and Eating It Too: Food's Place in Environmental History, A Forum », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 309-311.
- Crosland Maurice P., « The organisation of chemistry in nineteenth-century France », in David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of Chemist. The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998, p. 3-14.
- Crosland Maurice P., *In the Shadow of Lavoisier : the Annales de chimie and the Establishment of an New Science*, Oxford, British Society for the History of Sciences, 1994.
- Day Harry G., « Elmer Verner McCollum, 1879–1967 », *Biographical Memoirs*, Washington, D. C., National Academy Of Sciences, 1974, p. 262-335.
- Dousset Jean-Claude, *Histoire des médicaments, des origines à nos jours*, Nice, Les éditions Ovidia, 2010.
- Exley Chris, « Human exposure to aluminium », *Environmental Science*, 2013, 15, August, p. 1807-1816.
- Faure Olivier, *Histoire sociale de la médecine (XVII^e–XX^e siècles)*, Paris, Anthropos/Economica, 1994.
- Freeze Allen R. et Lehr Jay H., *The Fluoride Wars: How a Modest Public Health Measure Became America's Longest Running Political Melodrama*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- Fressoz Jean-Baptiste, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil, 2012.
- Frioux Stéphane, Fournier Patrick, Chauveau Sophie, *Hygiène et santé en Europe. De la fin du XVIII^e siècle aux lendemains de la Première Guerre mondiale*, Paris, Editions Sedes, 2011.
- Frioux Stéphane, *Les batailles de l'hygiène. Villes et environnement de Pasteur aux Trente Glorieuses*, Paris, PUF, 2013.
- Gilbert Claude et Henry Emmanuel (dir.), *Comment se construisent les problèmes de santé publique*, Paris, Éditions La Découverte, 2009.

Bibliographie

- Gross James A., « The Broken Promises of the National Labor Relations Act and the Occupational Safety and Health Act: Conflicting Values and Conceptions of Rights and Justice », *Chicago-Kent Law Review*, 1998, p. 351-387.
- Hesse Philippe-Jean, *Histoire des accidents du travail. Premières lignes d'une enquête*, Nantes, CRHES, 1976.
- Homburg Ernst, Travis Anthony S. et Schröter Harm (eds.), *The chemical industry in Europe, 1850-1914: industrial growth, pollution and professionalization*, Dordrecht, Kluwer, 1998
- « Environnement et développement économique », *Histoire, économie et société*, 16^e année, n°3, 1997.
- Jorland Gérard, *Une société à soigner. Hygiène et salubrité publiques en France au XIX^e siècle*, Paris, Éditions Gallimard, 2010.
- Kohlrausch Martin and Trischler Helmut, *Building Europe on Expertise. Innovators, Organizers, Networkers*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2014.
- Lecourt Dominique (dir.), *La santé face au principe de précaution, Cahiers du Centre Georges Canguilhem*, Paris, Presses universitaires de France, 2009.
- Lestel Laurence, « Le cycle du plomb », in Daniel R. Thévenot (dir.), *14^e Journées scientifiques de l'Environnement : l'Eau, la Ville, la Vie*, mai 2003, Créteil, France. JSE 2003 (3), 2007. <hal-00199344>
- Lestel Laurence, « Non-ferrous metals (Pb, Cu, Zn) needs and city development: the Paris example (1815-2009) », *Regional Environmental Change*, 12(2), 2012, p. 311-323.
- Le Roux Thomas, *Le laboratoire des pollutions industrielles, Paris, 1770-1830*, Paris, Albin Michel, 2011.
- Le Roux Thomas, Letté Michel (dir.), *Débordements industriels. Environnement, territoire, conflit, XVIII^e-XXI^e siècle*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2013.
- Massard-Guilbaud Geneviève, *Histoire de la pollution industrielle, France, 1789-1914*, Paris, Éditions de l'EHESS, 2010.
- McGarity Thomas O., Shapiro Sidney A., *Workers at Risk: The Failed Promise of the Occupational Safety and Health Administration*, Westport (Connecticut), Praeger, 1993.
- McKenna Christopher, « 'Mieux vivre par la chimie' ? Accidents industriels et masculinité à Du Pont, 1890-1930 », *Entreprises et Histoire*, n° 17, décembre 1997, p. 9-22.
- Merchant Carolyn, *American Environmental History, An Introduction*, New York, Columbia Press University, 2007.
- Michel Jean-Marie, *Contribution à l'histoire industrielle des polymères en France*, Paris, Société chimique de France, sd., 2012, en ligne.
- Miller Karen S., *The Voice of Business. Hill & Knowlton and Postwar Public Relations*, Chapel Hill, The University of North Carolina Press, 1999.
- Milton Anthony Stuart, « Third W.D.M. Paton Memorial Lecture », *British Journal of Pharmacology*, n° 119, 1996, p. 1293-1299.

Bibliographie

- Mink Nicolaas, « It Begins in the Belly », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 312-322.
- Murard Lion, Zylberman Patrick, *L'hygiène dans la République. La santé publique en France, ou l'utopie contrariée, 1870-1918*, Paris, Fayard, 1996.
- Oreskes Naomi, Conway Erik M., *Les marchands de doute*, Paris, Éditions Le Pommier, 2012.
- Pessis Céline, Topçu Sezin, Bonneuil Christophe (dir.), *Une autre histoire des Trente Glorieuses. Modernisation, contestations et pollutions dans la France d'après-guerre*, Paris, La Découverte, 2013.
- Pineton de Chambrun Guillaume, Desreumaux Pierre et al., « Aluminum enhances inflammation and decreases mucosal healing in experimental colitis in mice », *Mucosal Immunology*, October 2013, p. 1-13.
- Pollay Richard W., « Propaganda, Puffing and the Public Interest », *Public Relations Review*, vol. XVI, n°3, Fall 1990, p. 39-54.
- Proctor Robert N., *Golden Holocaust, Origins of the cigarette catastrophe and the case for abolition*, Berkeley, University of California Press, 2011.
- Rainhorn Judith, « Banning White Lead: French and American Experiences in a Comparative Perspective (Early Twentieth Century) », *European Review of History, special issue « History of the Workplace: Environment and Health at Stake »*, vol. 20, 2013, p. 197-216.
- Rainhorn Judith, « The Fight Against Lead Poisoning in the Paint Industry: A Comparison between the French and American Experiences, 1900-1940 », in Paul Blanc and Brian Dolan (eds.), *At Work in the World: Proceedings of the Fourth Conference on the History of Occupational and Environmental Health*, San Francisco, University of California Press, Medical Humanities, 2012, p. 169-172.
- Sicherman Barbara, *Alice Hamilton: A Life in Letters*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1984.
- Shoemaker Nancy, « Food and the Intimate Environment », *Environmental History*, 14, April 2009, p. 339-344.
- Travis Anthony S., Schröter Harm et Homburg Ernst (eds.), *Determinants in the Evolution of the European Chemical Industry, 1900–1939: New Technologies, Political Frameworks, Markets and Companies*, Dordrecht, Kluwer, 1998.
- Vane John Robert, « J. H. Burn: appreciation », *British Journal of Pharmacology*, 1982, n° 75, p. 3-7.
- Varaschin Denis (dir.), *Risques et prises de risques dans les sociétés industrielles*, Bruxelles, P.I.E., Peter Lang, 2007.
- Viel Claude, *Henri Moissan, 1852-1907 : pharmacien, premier Français prix Nobel de chimie*, Paris, Pharmathèmes édition-communication, 2006.
- Vivez Jacques, *Les fraudes*, Paris, PUF, 1959.
- Vivez Jacques, *Les fraudes*, Paris, PUF, 2^e édition mise à jour, 1970.
- Vivez Jacques, *Traité des fraudes*, Paris, Librairies techniques, 1958.

- Wetzel Walter, « Origins of and education and career opportunities for the profession of 'chemist' in the second half of the nineteenth century in Germany », in David Knight and Helge Kragh (eds.), *The Making of the Chemist. The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998, p. 77-94.
- Wharton James, *Before "Silent Spring": Pesticides and Public Health in Pre-DDT America*, Princeton, Princeton University Press, 1974.
- Williot Jean-Pierre, « Le risque industriel et sa difficile prévention au XIX^e siècle : les premières usines à gaz », *Entreprises et Histoire*, n° 17, décembre 1997, p. 23-36.
- Wilson C. Anne (ed.), *'Waste Not, Want Not', Food preservation from early times to the present day*, Édinburgh, Edinburgh University Press, 1991.
- Zapp John A. Jr., « Industrial Toxicology: Retrospect and Prospect », Chapter Twenty-Eight, in George D. Clayton et Florence Clayton, *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vol IIA : Toxicology*, New York, John Wiley & Sons, Inc, 1981.

MATÉRIAUX, EMBALLAGES, ADDITIFS

- André Louis, *Machines à papier. Innovation et transformations de l'industrie papetière en France, 1798-1860*, Paris, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1996.
- Barthes Roland, *Mythologies*, Paris, Éditions du Seuil, 1957.
- Bencivengo Yann, *Nickel : la naissance de l'industrie calédonienne*, Tours, Les presses universitaires François Rabelais, 2014.
- Bencivengo Yann (dir.), *101 mots pour comprendre la mine en Nouvelle-Calédonie*, Nouméa, Éditions Ile de Lumière, 1999.
- Bensaude-Vincent Bernadette, *Éloge du mixte. Matériaux nouveaux et philosophie ancienne*, Paris, Hachette Littérature, 1998.
- Bertrams Kenneth, Coupain Nicolas, Homburg Ernst, *Solvay: history of a multinational family firm*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013.
- Bijker Wiebe E., « The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention », in Bijker Wiebe E., Hughes Thomas P., and Pinch Trevor (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, 1989, p. 17–50.
- Blaszczyk Regina L., *The Color Revolution*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2012.
- Bouvier Jean, *Le Crédit lyonnais de 1863 à 1882. Les années de formation d'une banque de dépôt*, Paris, SEVPEN, 1961, p. 374-381.
- Bryan Nathan S., Loscalzo Joseph (eds.), *Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease*, New York, Humana Press, 2011.
- Cayez Pierre, *Rhône-Poulenc, 1895-1975*, Paris, Armand Colin - Masson, 1988.
- Cohen Yves, « Le PVC masse, mais quoi d'autre ? (Recherche en chimie organique, Saint-Gobain, 1955-1958) », *Culture Technique*, n° 18, 1988, p. 279-295.
- Dilmann Philippe, Pérez Liliane et Verna Catherine (dir.), *L'acier en Europe avant Bessemer*, Toulouse, CNRS – Université Toulouse – Le Mirail, 2011.

Bibliographie

- Etcheverry Marie-Pierre et Thierry Renaux, *Un décor à la feuille d'aluminium datant du XIX^e siècle à la Cathédrale de Bordeaux. Essai de datation par l'analyse pigmentaire*, Communication au colloque *L'aluminium, matière à création, XIX^e-XXI^e siècles*, Paris, 11 et 12 décembre 2014.
- Friedel Robert, *Pioneer Plastic: That Making and Selling of Celluloid*, Madison, University of Wisconsin Press, 1983.
- Galle Pierre, « La toxicité de l'aluminium », *La recherche*, n° 178, juin 1986 p. 766-775.
- Graham Margaret B.W. and Pruitt Bettye H., *R & D for Industry: A Century of Technical Innovation at Alcoa*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- Guillot Robert, *L'aluminium et ses alliages*, Paris, PUF, 1984.
- Hachez-Leroy Florence, *L'Aluminium Français. L'invention d'un marché, 1911-1983*, Paris, CNRS Editions, 1999.
- Halleux Robert, « La nature et la formation des métaux selon Agricola et ses contemporains », *Revue d'histoire des sciences*, tome 27, n°3, 1974, p. 211-222.
- Halleux Robert, *Le problème des métaux dans la science antique*, Paris, Les Belles Lettres, 1974.
- Hawkins Gay, « Packaging water: plastic bottles as market and public devices », *Economy and Society*, Volume 40, Issue 4, 2011.
- Hughes J.Trevor. Dr., *Aluminium and Your Health*, Londres, Rime House Publisher, 1992.
- Johns Phillip A., « Interagency Regulatory Liaison Group Role in Phthalates », *Environmental Health Perspectives*, Vol. 45, 1982, p. 145-147.
- Kounelis Catherine, « Charles Combes (1854-1907) et les débuts de l'industrie de l'aluminium électrolytique en France », *L'actualité chimique*, n° 345, 2010, p. 38-43.
- Lanthony Jacques, *L'aluminium et les alliages légers*, Paris, PUF, 1960.
- Lapresle Jean et al., « Documents cliniques, anatomiques et biophysiques dans une encéphalopathie avec présence de dépôts d'aluminium », *Compte Rendu de la Société de biologie et de ses filiales*, 1975, p. 282-285.
- Latour Bruno, *Pasteur : guerre et paix des microbes*, Paris, Éditions La Découverte, 2001.
- Law Marc T., « The Origins of State Pure Food Regulation », *Journal of Economic History*, 63/4, 2003, p. 1103-1130.
- Lefaux René, *Chimie et toxicologie des matières plastiques*, Paris, Compagnie française d'éditions, 1964.
- Lefaux René, *Emballages et conditionnements d'aujourd'hui*, Paris, Compagnie française d'éditions, 1967.
- Lefaux René, *Practical Toxicology of Plastics*, Cleveland, CRC Press, 1968.
- Lefaux René, *Toxicologie des matières plastiques et des composés macromoléculaires*, Paris Masson et Cie Editeurs, 1952.

Bibliographie

- Lewis Timothy E. (ed.), *Environmental Chemistry and Toxicology of Aluminum*, Chelsea, Lewis Publisher Inc, 1989.
- Marty Nicolas, *L'invention de l'eau embouteillée. Qualités, normes et marchés de l'eau embouteillée en Europe XIX^e-XX^e siècles*, Bruxelles, Peter Lang, 2013.
- Massey, Robert C., and D. Taylor, *Aluminium in Food and the Environment*, Proceedings of a Symposium organised by the Environment and Food Chemistry Groups of the Industrial Division of the Royal Society of Chemistry, Londres, The Royal Society, 1989.
- Meikle Jeffrey L., *American Plastic: a Cultural History*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1995.
- Meikle Jeffrey L., « Material Doubts: The Consequences of Plastic », *Environmental History*, Vol. 2, N^o. 3, Jul., 1997, p. 278-300.
- Morel Paul, *Histoire technique de la production d'aluminium*, Grenoble, PUG, 1999.
- Needleman Herbert L. (ed.), *Human Lead Exposure*, Boca Raton, CRC Press, 1991.
- Pastoureau Michel, *Dictionnaire des couleurs de notre temps: symbolique et société*, Paris, C. Bonneton, 2007.
- Pastoureau Michel et Simonnet Dominique, *Le petit livre des couleurs*, Paris, Seuil, 2007.
- Plateau Jean et Nichols Sarah, « Le livre d'or de l'usine de la Glacière, 1856 », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n^o 28, 2001, p. 7-22.
- Plateau Jean et Renaux Thierry, *L'aluminium et Paul Morin au Moulin noir. Un maire pour Nanterre, un métal pour l'industrie 1857-1890*, Nanterre, Bulletin de la Société d'histoire de Nanterre, 2007.
- Plateau Jean, « Ce que l'aluminium doit à Henri Sainte-Claire Deville. Éclaircissements sur des travaux controversés », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n^o 32-33, 2004, p. 29-50.
- Plateau Jean, « L'aluminium par le procédé Sainte-Claire Deville (1854-1889) Où, quand à quel prix, combien, pour quoi faire ? », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, 2000, n^o 26, p 38-68.
- Priest Nicholas D. and Thomas V. O'Donnell (eds.), *Managing Health in the Aluminum Industry*, Londres, Middlesex University Press, 1997.
- Ratzel Éric, « Un aventurier des temps industriels : Pierre Eugène Secrétan, 1836-1899 », *Cahiers d'histoire de l'aluminium*, n^o 22, 1998, p. 37-48.
- Saiyed Salim M., Yokel Robert A., « Aluminium content of some foods and food products in the United-States, with aluminium food additives », *Food Additives and Contaminants*, n^o 22 (3), March 2005, p. 234-244.
- Salmon Stéphanie, *Pathé. A la conquête du cinéma 1896-1929*, Paris, Tallandier, 2014.
- Schatzberg Eric, « Symbolic Culture and Technological Change: The Cultural History of Aluminum as an Industrial Material », *Enterprise & Society*, Volume 4, Number 2, June 2003, p. 226-271.

- Smith George D., *From Monopoly to Competition. The Transformations of Alcoa 1888-1986*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.
- Sheller Mimi, *Aluminum Dreams. The making of light modernity*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2014.
- Woronoff Denis, *Histoire de l'emballage en France du XVIII^e siècle à nos jours*, Valenciennes, Presses universitaires de Valenciennes, 2015.
- Zeerleder Alfred von, *The Technology of Aluminium and its Light Alloys*, Third Edition, Londres, High Duty Alloys Ltd., 1948.

SCIENCES ET TECHNOLOGIE

- Aucouturier Étienne, « Auguste Trillat : épidémiologie et immunologie de guerre », *Revue d'histoire des sciences*, janvier-juin 2014, p. 115-150.
- Benoît Serge, Emptoz Gérard et Woronoff Denis (dir.), *Encourager l'innovation en France et en Europe. Autour du bicentenaire de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, Paris, Éditions du CTHS, 2006.
- Bensaude-Vincent Bernadette et Stenger Isabelle, *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, 2013.
- Bijker Wiebe E., Hughes Thomas P. and Pinch Trevor (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1989.
- Binder Patrice et Lepick Olivier, *Les Armes biologiques*, Paris, PUF, 2001.
- Blanckaert Claude et Porret Michel (dir.), *L'Encyclopédie méthodique (1782-1832), Des Lumières au Positivisme*, Genève, Droz, 2006.
- Bowers Brian, *Sir Charles Wheatstone, 1802-1875*, Londres, Science Museum, 2001.
- Bru Bernard et Martin Thierry, « Le baron de Férussac, la couleur de la statistique et la topologie des sciences », *Journ@l électronique d'histoire des probabilités et des statistiques*, vol. 1, n° 2, novembre 2005.
- Callon Michel (dir.), *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, Éditions La Découverte, 1988.
- Caron François, *Les deux révolutions industrielles du XX^e siècle*, Paris, Albin Michel, 1997.
- Caron François, *Le résistible déclin des sociétés industrielles*, Paris, Librairie Perrin, 1985.
- Carnino Guillaume, « Louis Pasteur. La science au service de l'industrie », *Le Mouvement social*, n° 248, juillet-septembre 2014, p. 9-26.
- Charle Christophe et Telkes Eva, *Les Professeurs de la Faculté des sciences de Paris*, Paris, Institut National de Recherche Pédagogique, Éditions du CNRS, 1989.
- Converse Jean M., *Survey Research in the United States: Roots and Emergence, 1890-1960*, Berkeley, University of California Press, 1987.

- Edgerton David and Horrocks Sally M., « British Industrial Research and development before 1945 », *Economic History Review*, New Series, Vol. 47, n° 2, May, 1994, p. 213-238.
- Ferry Claude, *La blanchisserie et teinturerie de Thaon, 1872-1914*, Nancy, Presses Universitaires de Nancy, 1992.
- Fox Robert, *The Savant and the State*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2012.
- Gras Alain, Bernward Joerges et Victor Scardigli (dir.), *Sociologie des techniques de la vie quotidienne*, Paris, L'Harmattan, 2000.
- Hounshell David A. et Smith John Kelly Jr., *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980*, New York, Cambridge University Press, 1988.
- Jas Nathalie, *Au carrefour de la chimie et de l'agriculture. Les sciences agronomiques en France et en Allemagne, 1840-1914*, Paris, Éditions des Archives Contemporaines, 2001.
- Knight David, Kragh Helge (eds.), *The Making of the Chemist. The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
- Krige John, Pestre Dominique (eds.), *Companion to science in the twentieth century*, Londres – New York, Routledge, 2003.
- Laferrère Michel, *Lyon, ville industrielle. Essai d'une géographie urbaine des techniques et des entreprises*, Paris, PUF, 1960.
- Le Roux Muriel, *L'entreprise et la recherche. Un siècle de recherche industrielle à Pechiney*, Paris, Rive Droite, 1999.
- Lestel Laurence, *Itinéraires de chimistes. 150 ans de chimie en France*, Paris, EDP Sciences, 2008.
- Liebenau Jonathan et Robson Michael, « L'institut Pasteur et l'industrie pharmaceutique », in Michel Morange (dir.), *L'institut Pasteur. Contribution à son histoire*, Paris, Éditions La Découverte, 1991, p. 52-61.
- Molle Léopold, « Éloge du Professeur René Truhaut », *Revue d'histoire de la pharmacie*, 72^e année, n° 262, 1984, p. 340-348.
- Morange Michel (dir.), *L'institut Pasteur. Contribution à son histoire*, Paris, La Découverte, 1991.
- Mendelsohn Everett, « Science, scientists, and the military », in John Krige et Dominique Pestre (eds.), *Companion to science in the twentieth century*, Londres–New York, Routledge, 2003, p. 175-203.
- Ndiaye Pap, *Du nylon et des bombes : DuPont de Nemours, le marché et l'État américain*, Belin, Paris, 2001.
- Norman Donald A., *The Design of Everyday Things*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1998.
- Paquot Catherine, *Henri Sainte-Claire Deville. Chimie, recherche et industrie*, Paris, Vuibert, 2005.

Bibliographie

- Sakudo Jun, *Les entreprises de la chimie en France de 1860 à 1932*, Bruxelles, Peter Lang, 2011.
- Salomon-Bayet Claire, *Pasteur et la Révolution pastoriennne*, Paris, Payot, 1986.
- Scranton Philip, *Endless Novelty. Speciality Production and American Industrialization, 1865-1925*, Princeton, Princeton University Press, 1997.
- Shanken Andrew M., « Better Living: Toward a Cultural History of a Business Slogan », *Enterprise and Society*, 7 (3), September 2006, p. 485-519.
- Taton René, *Histoire générale des sciences*, tome III, *La science contemporaine, vol. 1 Le XIX^e siècle*, Paris, PUF, 1961.
- Shellard Edward Joseph, « A History of British Pharmacognosy (1842–1980) », *The Pharmaceutical Journal*, Vol 226-228, 1980, p. 108, 189, 406, 201, 631, 774, 78, 371 et 536.
- Volckringer, Jean, *Évolution et unification des formulaires et des pharmacopées*, Paris, Paul Brandouy Ed., 1953.
- Weir Robert E., *Workers in America: A Historical Encyclopedia*, Santa Barbara, ABC-CLIO, LLC, 2004.
- Weitz René et Julien Pierre, « A propos de Louis Mialhe », *Revue d'histoire de la pharmacie*, 59^e année, n^o211, 1971, p. 550.
- Wollman Elie, « Introduction », in Morange Michel (dir.), *L'institut Pasteur. Contribution à son histoire*, Paris, La Découverte, 1991, p. 105-107.

ORGANISATIONS INTERNATIONALES

- Aglan Alia, Feiertag Olivier et Kévonian Dzovinar (dir.), *Humaniser le travail. Régimes économiques, régimes politiques et Organisation internationale du travail (1929-1969)*, Bruxelles, P.I.E. Peter Lang, 2011.
- Bunle Henri et Lévy Claude, « Histoire et chronologie des réunions et congrès internationaux sur la population », *Population*, 9^e année, n^o1, 1954, p. 9-36, et « Annexe : Liste supplémentaire par matière, de divers congrès internationaux intéressant la population », *Population*, 9^e année, n^o1, 1954, p. 37-44.
- Lassalle de Salins Maryvonne, « Les délégués des États dans les processus décisionnels des organisations intergouvernementales : la défense d'une position nationale au sein du codex alimentarius », *Revue française d'administration publique*, n^o 126, 2008, p. 387-406.
- Peters Anne, « Le cheminement historique des organisations internationales : entre technocratie et démocratie », in Dupuy Pierre-Marie et Chetail Vincent (eds.), *The roots of International Law*, Leyde, Martinus Nijhoff, 2013, p. 487-529.

VULGARISATION SCIENTIFIQUE

- Andriès Lise (dir.), *Le partage des savoirs, XVIII^e-XIX^e siècles*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 2003.

Bibliographie

- Béguet Bruno, *La Science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914*, Paris, Bibliothèque du Conservatoire national des arts et métiers, 1990.
- Bensaude-Vincent Bernadette, « Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique », *Questions de communication*, n° 17, 2010, p. 19-32.
- Bussac-Beauchef Anne, *Louis Tinayre (1861-1942), artiste-reporter et peintre des campagnes océanographiques du prince Albert I^{er} de Monaco : servitudes et grandeur d'une peinture documentaire*, thèse de doctorat d'histoire de l'art, université Paris IV, 1998.
- Cardot Fabienne, « Louis Figuier et l'électricité : un exemple de vulgarisation scientifique dans la deuxième moitié du XIX^e siècle », *La France des électriciens*, Paris, PUF, 1985.
- Cardot Fabienne, « Le théâtre scientifique de Louis Figuier », *Romantisme*, n° 65, 1989, p. 59-68.
- Bensaude-Vincent Bernadette, « Un public pour la science : l'essor de la vulgarisation au XIX^e siècle », *Réseaux*, volume 11, n°58, 1993, p. 47-66.
- Fox Robert, « Les conférences mondaines sous le Second Empire », *Romantisme*, n°65, 1999, p. 50-57.
- Pierrot Nicolas, *Les images de l'industrie en France : peintures, dessins, estampes, 1760-1870*, thèse de doctorat, sous la direction de Anne-Françoise Garçon, Université Paris I, 2010.
- Raichvarg Daniel et Jacques Jean, *Savants et ignorants: une histoire de la vulgarisation des sciences*, Paris, Le Seuil, 1991.
- Robichon François, « Le panorama, spectacle de l'histoire », *Le Mouvement Social*, avril-juin 1985, p. 65-86.
- Schkolnyk Claude, « Les Tinayre, une famille de médiateurs culturels entre la France et la Hongrie », *Les Cahiers du Centre de Recherches Historiques* [En ligne], 7, 1991.
- Schkolnyk Claude, *Victoire Tinayre (1831-1895) - Du socialisme utopique au positivisme prolétaire*, Paris, L'Harmattan, 1998.

OPINION

- Antoine Jacques, *Histoire des sondages*, Paris, Odile Jacob, 2005.
- Blondiaux Loïc, *La fabrique de l'opinion, Une histoire sociale des sondages*, Paris, Seuil, 1998.
- Bourdieu Pierre, « L'opinion publique n'existe pas », *Les temps modernes*, 318, janvier 1973, p. 1292-1309.
- Gallup George, *An Objective Method for Determining Interest in the Content of a Newspaper*, Ph. D. Dissertation, State University of Iowa, 1928.
- Harris Jose, *Private Lives, Public Spirit: Britain, 1870-1914*, Londres, Penguin Books Ltd, 1993.

INDEX

- Abramson 184, 188
- Académie impériale de médecine.....26
- Accum Friedrich.....83
- AEA Technology.....216
- Alais, Froges et Camargue (AFC).....146
- Alcan 220
- Alcoa 97, 119, 120, 147, 216, 220
- Alfrey Allen.....213
- Almax 220
- Aluminum Association.....219
- Alzheimer 212, 213, 215, 218, 221, 226
- Appert Nicolas.....7, 64, 73
- Atlanta 203
- Auscher Léon.....104
- Austen Peter T.33, 111
- Balard Antoine-Jérôme.....41
- Balland Joseph89, 90, 93, 94, 95, 96, 98,
102, 105, 122
- Balls Arnold K.....109, 112, 131
- Barbier 25
- Becker 128
- Belfort 101
- Bell frères 51
- Benham Thomas W.196
- Berlin 82, 83, 96, 102
- Bernheim Alfred.....157
- Berthelot Marcellin.....17
- Bertrand Gabriel.....26, 35
- Berzelius Jöns Jacob.....25
- Betts Charles T.117, 118, 119, 226
- Bird Alfred84
- Borak J. 216
- Borden Gail Jr..... 7
- Brandenberger Jacques Edwin 156, 158, 160
- Brochard 65
- Buffalo 158, 173
- Burcker Émile-Eugène 27
- Burin du Buisson Antoine-Michel-Bertin 25,
26
- Burn J. Harold124, 126, 127, 128, 130, 131,
132, 133, 134, 137, 140, 147
- Bussy Antoine..... 66
- Calypso 100
- Camilla Stephano..... 96
- Carle Pierre-Paulin 28
- Carlson Rachel..... 176
- Carnot Sadi 101
- Cerfberr de Medelsheim Alphonse..... 46
- Chapman Alfred Chaston 140
- Chaptal Jean-Antoine 19, 24, 32
- Chittenden Russel H. 108, 128
- Clarckson Edwin..... 213
- Columbia University..... 225
- Combes Charles..... 105
- Cox Gerald J. 120
- Darby William J..... 184
- Darolles Edouard 101
- Davis Marguerite 128
- Davy Humphry 19, 31, 33, 39, 47
- Debray Henri 95

Index

- Dechambre Amédée27, 31
Defacqz Edouard95
Degousse Pierre-Emile51
Denver 194, 212, 213
Deschamps 26, 29
Détroit 203
Devergie Alphonse25, 27, 29
Ditte Alfred 97, 98, 99, 100, 103, 137, 138,
225
Dols . J. L. 184
Dow Chemical Company167, 189
Drickey H. 184
Du Bois 47, 48
Du Pont 155, 157, 159, 160, 164, 166,
167, 168, 170, 172, 173, 177, 178, 189,
192, 221, 227
Du Pont de Nemours.....14
Dubrisay Jules.....57, 63
Duclaux Émile144
Duméril 25
Dury Victor.....143
Ebermayer Charles25
Eckfeldt 47, 48
Energetica Inc.220
Faculté des sciences de Paris26, 95, 97
Férussac André d'Audebard, baron de38
Figuié Louis.....7, 28, 45, 72, 91, 92
Fishbein Morris.....118
Flammarion Camille47
Flint Austin.....111
Fonssagrives Jean-Baptiste.....27, 28
François Maurice137
Frémy Edmond50
Freycinet Charles de 101
Frishmuth William..... 50
Froges 89, 90, 100, 105
Gahn Johan Gottlieb 26
Galippe Marie Louis Victor..... 28
Gallard Théophile 66
Gallup George..... 191, 194, 195
Gautier 28
Gehrmann Dr 167
Gendrin Auguste-Nicolas 25
Geoffroy Jeune 32
Gies 109, 111, 114, 117, 125, 127,
128, 135
Gies William J. 109, 225
Gillet Edmond..... 157
Gitlow Samuel 110
Glaister John 124
Gmelin Leopold..... 25, 34, 35
Grimaud 67
Guyton de Morveau Louis-Bernard..... 32
Hall Charles-Martin 49, 74, 87, 88, 101, 119,
122
Hamilton Alice 10, 87, 168
Hayes A. A. 48
Hegner Otto 82
Hément Félix 46, 47
Hérault Paul 49, 52, 74, 87, 88, 90, 100, 101,
102, 105, 119, 145
Hill John 193, 202
Hoagland 112, 131, 135
Hopkins Albert A..... 118
Hosford 49
Hughes J.T. 214

Index

- Hulot Anatole44
- Hyatt John Wesley.....155
- Hydroaluminium.....220
- Institut de Chimie appliquée.....95
- Institut Frédéric-Guillaume96, 102
- institut Louis Harris196
- Institut Pasteur26, 104, 141, 143, 144, 145,
146, 147, 151
- International Primary Aluminium Institute
219
- Long 108
- Kaiser Aluminum Corporation219
- Kapeler Jean-Baptiste25
- Karlsruhe 83, 95
- Karshandes Maxwell110
- Keahny William D.....213
- Kerl Bruno 51
- Kiliani Martin88
- Killian John A.....130
- Knowlton Don193, 202
- Kohn-Abrest Emile.....137, 147
- Köning Joseph82
- L'aluminium Français (L'AF).....146, 148
- L'Aluminium Français (L'AF)146
- Langworthy Charles Ford.....33
- Lavoisier Antoine15, 31, 32, 33, 35
- Layet Alexandre27, 28, 29
- Le Chatelier Henry44
- Le Hunte Cooper Robert Montague124, 125,
131, 132, 133, 135
- Lebbin Georg122, 126
- Left Hattie L.110
- Leipzig 84
- Lemoine Georges-Hubert 105, 106
- Lewin Louis..... 96
- Liebig Justus von..... 7, 26, 40, 41, 76, 84
- Londres 44, 125, 133
- Lubbert Anton... 88, 89, 90, 91, 92, 134, 138
- Lunge 96
- Lunge Georg 92
- Lutz Henry-Charles 27
- Machebœuf Michel..... 144
- Mackenzie Kenneth 131
- Madagascar 97, 99, 100, 103
- Mantes 157
- Marggraf Andreas Sigismund..... 32, 34
- Mathiot Ginette..... 145
- McCollum Elmer Verner128, 129, 130, 131,
135
- Mercier, général..... 101
- Métra (chimiste) 56
- Meyer Hans..... 128, 133
- Mialhe Louis..... 36
- Minet Adolphe..... 92, 101, 137
- Ministère de l'Agriculture (USDA)69, 109,
110, 126, 127, 146, 175, 181, 184, 210,
224, 225
- Moiroud 25
- Moissan Henri17, 95, 96, 100, 101, 102, 104,
105, 137
- Moissonnier Prosper 72, 101, 102
- Morin Paul 46, 47
- Morrison Dempsie B. 129
- Mount Isa Mine Holdings..... 216
- Mukerji B. 184, 188
- Mull James W..... 129, 130

Index

- Muspratt Sheridan.....51
Myers Victor Caryl.....129, 130, 131
Napoléon III.....43
Netter Arnold.....60, 61
Neuhausen 88
New York 110
Norsk Hydro216
Ersted Hans Christian19, 34, 38, 39
Oettingen Wolfgang F. von168
Ogier Jules 67, 138
Opinion Research Corporation194, 196
Orfila Mathieu17, 25
Organisation mondiale de la santé, 178,
179
Papillon Fernand.....109
Paracelse (Theophrastus Bombast von
Hohenheim)17
Paris 11, 16, 19, 25, 27, 40, 44, 46, 49,
51, 56, 57, 61, 63, 66, 70, 77, 78, 87, 97,
103, 105, 109, 138, 143, 144, 147, 157,
184, 237
Partin Henry.....104
Pasteur Louis28, 66, 67, 76, 83, 84, 138, 139,
141, 143, 144, 145
Payen Anselme168
Pechiney 146, 214
Pelouze Théophile-Jules25, 40
Pereira Jonathan.....24, 25
Peterman Florence Irene..117, 122, 125, 225
Pine Louis 109
Pittsburgh Reduction Company.....93, 119
Plagge Wenzel96, 122, 126
Polenske Eduard76
Pozerski de Pomiane Édouard 144
Rask 128
Regnault Victor..... 44
Remsen Ira 107, 110, 114, 115, 116, 126,
128, 149, 225
Reynolds 165, 173, 220
Richards Joseph W.49, 50, 51, 52, 96, 97,
119, 120
Robinson Claude..... 194
Roosevelt Theodore..... 14
Roosevelt Théodore85, 107, 110, 116, 126,
169, 225
Roper Elmo 191
Roscher 88, 89, 90, 91, 92, 134, 138
Roux Eugène..... 69, 144
Ruau Joseph..... 70
Rupt M. G. 96
Rutgers College 111
Sainte-Claire Deville 42, 44, 104
Sainte-Claire Deville Henri10, 27, 34, 35,
40, 44, 47, 48, 49, 50, 52, 95, 122, 137,
225
Sainte-Claire Deville Henri 31, 35, 43, 97
Saint-Michel-de-Maurienne..... 100
Salvetat Alphonse 44
San Francisco..... 203
Saussure Théodore de..... 33, 34, 35
Saverny Marie de..... 46, 72
Schaeffer 125, 127, 135, 147
Scheele Carl Wilhelm..... 26
Schmid Ernst..... 92, 96
Schmidt 112, 131, 135
Schützenberger Paul 104

Index

- Schwartze Erich W.120
- Secrétan Eugène101
- Seibert 127
- Sinclair Upton.....86
- Smith Ernest Ellsworth110, 111, 112, 113,
114, 115, 117, 120, 121, 137, 140, 225
- Smith Theobald.....108
- Société électrométallurgique de Froges
(SEMF) 90, 104, 105, 138
- Société électrométallurgique française....104
- Société industrielle de Rouen90
- Society of the Plastics Industry192, 193, 194,
195
- Sollmann Torald Hermann132
- Spencer H. C.....189
- Spruance William C.....157
- Steel 125, 127, 135
- Stohmann Friedrich51
- Taylor Alonzo E.108
- Thaon 156
- Thénard Louis Jacques17, 18, 19, 22, 23
- Tinayre Louis.....103
- Tirard Pierre.....56, 57
- Tissier Alexandre et Charles.....49
- Trillat Auguste104, 138, 139, 140, 141, 142,
143, 144, 146, 147
- Truhaut René 78, 184, 185, 188, 189
- Underhill Franck P.. 117, 122, 125, 135, 225
- Union Carbide..... 167, 189
- université de Berlin..... 96
- Vangeois 52
- Versailles 101
- Vienne 49, 133
- Von Pettenkoper 7
- Waldeck-Rousseau Pierre..... 61
- Watts Henry 50
- Wells 127
- Wheatstone Charles 44
- Wibmer 25
- Wiley Harvey W.83, 85, 114, 116, 117, 127,
225
- Wilmington 167
- Wisniewski Henry 219
- Wöhler Friedrich11, 19, 20, 34, 38, 39, 40,
41, 42, 44, 47, 49, 76
- Wölfert Hermann 84
- Wright Norman C. 181, 184
- Wurtz Charles-Adolphe.... 41, 56, 57, 65, 66
- Zapp Jr. John A..... 153

LISTE DES ENCADRÉS

Encadré. Mathieu Orfila.....	17
Encadré. L'alun.....	24
Encadré : La guerre du cuivre entre pastoriens et des anti-pastoriens	29
Encadré : Aluminium ou aluminum ?	48
Encadré. Les additifs alimentaires	75
Encadré. Le lobby du borax	81
Encadré. Henri Moissan : un futur prix Nobel se penche sur l'aluminium.....	95
Encadré. Le Remsen board	107
Encadré. Jacques Edwin Brandenberger	156
Encadré. George Gallup	194
Encadré. Les additifs alimentaires dans les décrets de 1912 et 1958.....	209
Encadré. La place des matériaux dans le décret de 1958	210

LISTE DES FIGURES

<i>Fig.1. Tableau de la découverte des métaux, 1817. L. J. Thénard, Traité de chimie élémentaire, Théorique et pratique, T. 1, Paris, Crichard Libraire, 1817, p. 239.</i>	19
<i>Fig. 2 Importations et consommation d'aluminium aux États-Unis, 1870-1884</i>	51
<i>Fig. 3. « Il sait de quel côté de son pain est beurré »</i>	80
<i>Fig. 4. Un sirop mortel : l'Élixir de Sulfanilamide</i>	86
<i>Fig. 5. Tableau synoptique de l'enchaînement des travaux d'Auguste Trillat, 1933.</i>	142
<i>Fig. 6. « Les aliments en cellophane suggèrent des plats tentants »</i>	159
<i>Fig. 7. Évolution du prix de la cellophane entre 1924 et 1935.</i>	161
<i>Fig. 8. La Cellophane garde votre nourriture saine.</i>	163
<i>Fig. 9. Vraiment frais : Merci à la "Cellophane" !</i>	165
<i>Fig. 10. Les derniers centimètres d'un sauvetage.</i>	172
<i>Fig. 11. "Cellophane, papier kraft, feuille de plomb et bitume".</i>	174
<i>Fig. 12. Évolution de l'opinion du grand public sur le monde des affaires selon les enquêtes de Opinion Research Corporation.</i>	196
<i>Fig. 13. Pourcentage du grand public ayant une forte confiance dans les institutions suivantes</i>	197
<i>Fig. 14. Les industries les moins bien considérées (choix multiple possible), 1972</i>	198
<i>Fig. 15. Réponse des sondés à la question : « Quels sont les problèmes par lesquels je me sens personnellement concerné ? ». Sélection effectuée dans une liste, choix multiple possible</i>	199
<i>Fig. 16. Vision du public sur les matériaux pour contenants - Caractéristiques positives. Choix multiple possible</i>	200
<i>Fig. 17. Vision du public sur les matériaux pour contenants - Caractéristiques négatives - Choix multiple possible</i>	201
<i>Fig. 18. Répartition des personnes interrogées par groupe.</i>	203
<i>Fig. 19. Sources d'informations préférées des sept catégories interrogées</i>	204
<i>Fig. 20. Réponses, en %, des 22 chefs des pompiers sur leurs sources d'informations et leur fiabilité. Choix multiple possible</i>	205
<i>Fig. 21. Les matériaux les plus à risques, en % d'opinions</i>	207