

L'importance des produits fluorés dans notre vie quotidienne

Cent ans après le prix Nobel de chimie attribué à Henri Moissan

Le 10 décembre 1906, il y a cent ans, était décerné le premier prix Nobel de chimie à un Français : Henri Moissan⁽¹⁾. Vingt ans auparavant, ce grand savant avait isolé le fluor et avait par la suite initié la chimie des hautes températures grâce à son four électrique [1]. Les propriétés de fondant de certains minéraux fluorés (de *fluere*, couler en latin) ont été reconnues de longue date. Dès la Renaissance, les fluorures étaient utilisés pour abaisser le point de fusion de divers minerais et les rendre plus fluides, et c'est l'utilisation de la cryolite (Na_3AlF_6) dans la synthèse électrolytique de l'aluminium qui permit en fin de XIX^e siècle la formidable expansion de la sidérurgie de ce métal. Durant tout le XIX^e siècle, d'André-Marie Ampère et Humphrey Davy jusqu'à Edmond Frémy, de nombreux savants avaient tenté sans succès d'isoler cet halogène dont l'extrême réactivité avait eu raison de tous les essais. La description de la personnalité d'Henri Moissan et des conditions qui permirent ces découvertes exceptionnelles seront décrites en détails dans les pages suivantes par les biographes du savant.

L'une des finalités principales de ce numéro est de faire le point sur les nombreuses avancées technologiques qui sont aujourd'hui encore redevables aux idées et découvertes de ce grand savant, que ce soit dans le domaine du fluor et des produits fluorés, mais également dans celui de la chimie des hautes températures, notamment la synthèse du bore, matière première pour de nombreux matériaux composites.

En ce qui concerne le fluor, qui n'a pas entendu les slogans publicitaires vantant les bénéfices de cet élément pour notre hygiène bucco-dentaire ? Mais qui pourrait imaginer que nous côtoyons cet élément dans bien des instants de notre vie quotidienne et qu'il est présent dans les domaines les plus variés, en chimie bien évidemment, mais également en biologie, médecine, agrochimie, nouvelles technologies, transformation de l'énergie, etc. ?

De par ses propriétés spécifiques (réactivité et pouvoir oxydant élevés, ainsi que très forte électronégativité de l'ion F^-), le fluor a donné naissance à une chimie et à des applications tout à fait originales. De nos jours, on compte plus de 600 000 composés contenant au moins un atome de fluor, et la chimie du fluor et des produits fluorés permet des avancées dans des domaines extrêmement variés [2].

• En **chimie**, l'apport des produits fluorés est considérable dans des domaines divers :

- Les polymères fluorés, comme le Teflon[®], dont la remarquable résistance à la corrosion a révolutionné certaines utilisations [3] : conditionnement de produits très réactifs, récipients culinaires « n'attachant pas », matériaux pour implantations cardio-vasculaires, membranes échangeuses d'ions, traitement de surface de tissus par Gore-Tex[®].

- Les nouvelles molécules à propriétés hautement sélectives : composés fluorosulfurés utilisés comme stéroïdes, dérivés de l'acide trifluoré, sucres, vitamines.

- Les milieux superacides servant à la production de carburants à haut indice d'octane.

- Les tensioactifs employés pour la protection des surfaces (tissus, moquettes, cuir) et la lutte contre l'incendie.

- Les matériaux fluorés à propriétés spécifiques : catalyseurs, pigments colorés, capteurs chimiques, biomatériaux [4].

- Les nanocomposites à base de silanes fluorés et de silice, de métal et polymères fluorés à propriétés ultra-hydrophobes, de membranes sélectives pour filtration de gaz.

- Les traitements de surface à des fins de protection de notre patrimoine culturel, couches anti-graffiti et anti-reflets, absorbeurs UV, protection automobile.

- Les composantes de batteries, piles à combustible, électrolytes solides à base de conducteurs ioniques.

• En **biologie et médecine**, il existe des molécules fluorées à propriétés anticancéreuses, anti-inflammatoires, antibiotiques, neuroleptiques ou antihypertenseurs [5-6]. Des matériaux biomimétiques utilisent les propriétés de la fluoroapatite, l'un des principaux constituants de notre squelette. Les substituts fluorés du sang sont utilisés pour les transfusions d'urgence. Les perfluorocarbures servent en chirurgie vitréorétinienne lors d'opérations du décollement de la rétine. Dans la détection précoce des cancers, la tomographie à émission de positrons (TEP) qui utilise un radio-isotope du fluor, le ^{18}F , permet l'obtention d'images de très haute qualité du fonctionnement de nos organes, tissus ou cellules.

• En **agrochimie**, la moitié des molécules à propriétés herbicides, fongicides ou insecticides contiennent un ou plusieurs atomes de fluor.

• En **microélectronique**⁽²⁾, le fluor et les gaz fluorés occupent une place stratégique dans la chaîne de production des composants en silicium, car ils permettent l'élimination de toutes traces d'impuretés à la surface du semi-conducteur qui seraient réhibitoires pour le bon fonctionnement de nos ordinateurs. Les verres fluorés à base de métaux lourds entrent dans la composition de fibres lasers, d'amplificateurs optiques ou de guides d'ondes pour microlasers en télécommunications [4].

• Dans le **stockage et la conversion de l'énergie** [7], le fluor peut être considéré comme la pierre angulaire du cycle nucléaire, car c'est grâce à l'hexafluorure d'uranium (UF_6) que l'enrichissement isotopique en ^{235}U peut être réalisé. Par ailleurs, les membranes perfluorées de type Nafion[®] constituent le cœur des piles à combustible les plus performantes.

• En matière d'**environnement**, un formidable défi a été lancé ces dernières années aux chimistes du fluor [2, 8].

Dans la seconde moitié du XX^e siècle, les chlorofluorocarbones (CFC) très stables en température et en pression ont été très largement utilisés comme fluides réfrigérants dans les machines frigorifiques, gaz propulseurs, aérosols. Après la découverte de leur implication dans l'appauvrissement de la couche d'ozone [9], leur bannissement définitif a été décidé lors de réunions internationales sur l'environnement (Protocoles de Montréal et de Kyoto). En moins de dix ans, des résultats spectaculaires ont été obtenus et l'aboutissement des recherches de groupes industriels et universitaires a permis de proposer de nouvelles formulations et substitués qui ont ainsi fortement ralenti ce type de dégradation de notre atmosphère.

Dans ce numéro spécial consacré à la commémoration du centenaire du prix Nobel d'Henri Moissan, une soixantaine de spécialistes vous font découvrir un panorama des recherches qui, à ce jour, sont toujours redevables aux découvertes de ce grand savant. Plusieurs contributions proviennent de collègues étrangers, spécialistes internationaux du sujet, qui vous proposent leur analyse sur des sujets brûlants tels que les produits hyperoxydants, les milieux superacides ou la place du fluor dans la chimie verte.

Ainsi, bien que la découverte du fluor ait maintenant un peu plus de cent ans, le fabuleux destin de cet élément semble n'être à ce jour qu'à ses prémices, tant les ouvertures apportées dans de très nombreux domaines de la science apparaissent prometteuses.

Alain Tressaud, coordinateur du numéro

Notes

- (1) Parmi les cérémonies qui commémorent en 2006 le centenaire de cet événement, citons :
- Le **colloque honorant la mémoire d'Henri Moissan et faisant le point sur les avancées les plus significatives de ces dernières décennies**, le 10 novembre à la Maison de la Chimie, Paris (<http://www.sfc.fr/moissan.pdf>).
 - L'**exposition « Henri Moissan : l'homme et son œuvre scientifique »** à la Faculté de Pharmacie (4 avenue de l'Observatoire, Paris 5^e) courant octobre.

- Une **exposition au Musée Bossuet** de Meaux (77), ville où il demeura, du 14 octobre au 31 décembre.
 - Le **18^e Symposium international sur la chimie du fluor**, à Brème, du 30 juillet au 4 août, lors duquel le 7^e Prix international Henri Moissan a été décerné (voir p. 149).
 - L'**inauguration d'un monument Henri Moissan** à Meaux le 9 décembre.
 - L'émission d'un **timbre** le 14 octobre simultanément à Paris et à Meaux.
 - Un **numéro spécial du Journal of Fluorine Chemistry** à paraître fin 2006.
- (2) Signalons que seule l'utilisation de fenêtres en fluorures minéraux tels que CaF₂ associée à des lasers ultraviolets permettra d'effectuer dans un très proche avenir des lithographies à l'échelle nanométrique (10⁻⁹ m) multipliant ainsi par plusieurs puissances de dix le stockage d'informations.

Références

- [1] Flahaut J., Viel C., The life and scientific work of Henri Moissan, *Fluorine – The first hundred years (1886-1986)*, R.E. Banks, D.W.A. Sharp, J.C. Tatlow (eds), Elsevier Sequoia, **1986**, p. 27-42. Voir également le site web http://www.culture.fr/Groups/archives_et_histoire/article_57_fr
- [2] *Advances in Fluorine Science*, A. Tressaud (ed.), Elsevier-Amsterdam, dont les deux premiers volumes consacrés à *Fluorine & Environment* sont parus en 2006.
- [3] Améduri B., Boutevin B., *Well-Architected Fluoropolymers*, Elsevier, Amsterdam, 2004.
- [4] *Advanced Inorganic Fluorides: Synthesis, Characterization and Applications*, T. Nakajima, A. Tressaud, B. Zemva (eds), Elsevier, 2000.
- [5] Bégue J.-P., Bonnet-Delpon D., *Chimie bioorganique et médicinale du fluor*, EDP Sciences, **2005**.
- [6] *Biomedical Frontiers in Fluorine Chemistry*, I. Ojima, J.R. McCarthy, J.T. Welch (eds), American Chemical Society, **1996**.
- [7] *Fluorinated Materials for Energy Storage*, T. Nakajima, H. Groult (eds), Elsevier B.V., **2005**.
- [8] Weinstein L.H., Davison A., *Fluorides in the Environment: Effect on Plants and Animals*, CABI Publishing, Cambridge, **2004**.
- [9] Molina M.J., Rowland F.S., Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalyzed destruction of ozone, *Nature*, **1974**, 249, p. 810.



Alain Tressaud

est directeur de recherche CNRS à l'Institut de Chimie de la Matière Condensée*.

* ICMCB-CNRS, Université Bordeaux 1, 87 avenue Dr. Albert Schweitzer, 33608 Pessac. Tél. : 05 40 00 63 01. Fax : 05 40 00 27 61. Courriel : tressaud@icmcb-bordeaux.cnrs.fr



Timbre à l'effigie d'Henri Moissan. Création et gravure d'Yves Beaujard d'après des photos provenant de la Faculté de Pharmacie (Paris 5^e). © La Poste, 2006.