

ISSN 0567-6576

Bulletin des Académie & Société Lorraines des Sciences

**ANCIENNE
SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY**

fondée en 1828

**Etablissement d'utilité publique
(Décret ministériel du 26 avril 1968)**

BULLETIN TRIMESTRIEL

**TOME 32 NUMERO 2
1993**

AVIS AUX MEMBRES

COTISATIONS.

Les Membres des Académie & Société Lorraines des Sciences acquittent une cotisation annuelle. Celle-ci est fixée à 150 francs en 1993.

Le paiement de la cotisation donne droit au service du bulletin, et permet de bénéficier de ventes à tarif réduit. La remise accordée aux Membres des Académie & Société Lorraines des Sciences ne peut atteindre ou dépasser 50 % du prix de vente de la publication. Son taux, proposé par le Conseil, est ratifié en simple Assemblée générale annuelle (Statuts, Titre I, Art. III).

Tout règlement est à adresser, de préférence par chèque, à l'ordre du Trésorier des Académie & Société Lorraines des Sciences, Biologie végétale 1^{er} Cycle, BP 239, 54506 Vandœuvre Cédex.

Chèque bancaire ou chèque postal au compte 45 24 V Nancy.

BULLETIN.

Pour la vente exceptionnelle de numéros isolés ou anciens s'adresser au Trésorier ou au Secrétaire Général, 8, rue des Magnolias, Parc Jolimont-Trinité, 54220 Malzéville.

Afin d'assurer une parution régulière du Bulletin, les Membres ayant présenté une communication sont invités à remettre leur manuscrit en fin de séance au Secrétaire Général. A défaut, ces manuscrits seront envoyés à son adresse ci-dessus, dans les quinze jours suivant la séance. Passé ce délai, la publication sera ajournée à une date indéterminée.

Les corrections d'auteurs sur épreuves devront obligatoirement être faites dans les huit jours suivant la réception des épreuves, faute de quoi ces corrections seront faites d'office par la Rédaction, sans qu'il soit admis de réclamations. Les demandes de tirés à part non formulées en tête des manuscrits ne pourront être satisfaites ultérieurement.

Les clichés sont à la charge des auteurs.

Dans la mesure des possibilités financières, 20 tirés à part gratuits sont offerts aux auteurs. Des exemplaires payants supplémentaires peuvent être obtenus. S'adresser au Trésorier ou au Secrétaire Général.

Il n'y a pas de limitation de longueur ni du nombre des publications. Toutefois, les publications des travaux originaux restent subordonnées aux possibilités financières de la Société. En dernier lieu, le Conseil est souverain.

Il est précisé une nouvelle fois, en outre, que les observations, théories, opinions, émises par les auteurs dans les publications de l'Académie & Société Lorraines des Sciences, n'impliquent pas l'approbation de notre Groupement. La responsabilité des écrits incombe à leurs auteurs seuls.

Toute publication en tant que « note » doit être présentée par un membre titulaire de l'Académie. Il n'y a pas de « comité » de lecture pour l'agrément d'impression.

BULLETIN

**des ACADEMIE & SOCIETE
LORRAINES DES SCIENCES**

(Ancienne Société des Sciences de Nancy)
(Fondée en 1828)

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE DE NANCY
SECTION SCIENCES

Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY
FRANCE

S O M M A I R E

--:--:--

	Pages
DEMERS P.	
L'atome et la langue française. Influence d'une découverte sur l'évolution des langues.....	43
SIEST Gérard, OSTER Thierry, VISVIKIS Athanase, THIOUDELLET Christine, WELLMAN Maria, FOURNEL-GIGLEUX Sylvie, MAGDALOU Jacques et BATT Anne-Marie.	
Apport de la biologie moléculaire à la production de protéines d'intérêt pharmacologique et la con- ception de modèles cellulaires.....	65
MILLOT Claude.	
L'eau: vers un potentiel intermoléculaire précis.	75

L'ATOME ET LA LANGUE FRANCAISE

Influence d'une découverte sur l'évolution des langues*

par

P. DEMERS **

--:--:--:--:--:--

UNE TRADITION FRANCAISE.

On peut faire remonter l'histoire de l'énergie nucléaire à certaines expériences de photographie, faites par Abel Niepce, cousin de Nicephore Niepce, l'inventeur de la photographie. Il note en 1858 que les sels d'uranium noircissent les plaques sensibles. Henri Becquerel, à la suggestion de Henri Poincaré, refit les expériences et reconnut, en 1896, qu'il s'agissait d'un rayonnement spontané : il avait découvert la radioactivité. Pierre et Marie Curie découvrirent le radium et le polonium, éléments radioactifs en 1898.

En 1903, Pierre Curie mesurait la chaleur dégagée sans arrêt par le radium et, en recevant le Prix Nobel, il déclarait à propos de l'énergie mise en jeu dans la transformation des atomes : "Je suis de ceux qui pensent que l'humanité tirera plus de bien que de mal des découvertes nouvelles".

Ayant découvert la radioactivité artificielle, Frédéric Joliot, devenu le gendre de Pierre Curie, déclarait dans son discours de réception du Prix Nobel en 1935 : "des chercheurs brisant ou construisant des atomes à volonté sauront réaliser des réactions explosives. Si de telles transmutations arrivent à se propager dans la matière, on peut concevoir l'énorme énergie utilisable qui sera libérée".

Les publications décisives sont datées du 7 mars et du 7 avril 1939. Halban, Joliot et Kowarski y annoncent que la fission de l'uranium produit des neutrons, qu'elle en produit plus qu'elle n'en consomme, et qu'elle en produit plus que deux. La condition pour réaliser une réaction en chaîne était

*. Conférence du 10 décembre 1992, avec certains paragraphes ajoutés seulement, texte paru dans la revue Science et Francophonie 1990, n° 29 et n° 30.

** . Professeur retraité de l'Université de Montréal (Canada).

donc disponible. Les trois auteurs et Francis Perrin prirent des brevets. De ces brevets, trois étaient secrets et en association avec le CNRS (alors la Caisse nationale de la recherche scientifique), datés du 1er et du 4 mai 1939. Un autre est daté d'avril 1940.

FRANCAIS A L'ETRANGER.

Entre temps, la guerre avait été déclarée officiellement par la France et l'Angleterre. L'invasion de la France ne se fit qu'en mai 1940 et, à cette occasion, Halban et Kowarski passèrent en Angleterre avec un précieux stock d'eau lourde, qui allait servir à Cambridge à des expériences prévues de concert avec Joliot. Mettant en jeu cette eau lourde et de l'uranium, ils démontrèrent avec une quasi-certitude, en décembre 1940, la possibilité de réaliser une pile, génératrice d'énergie atomique. Ils prirent des brevets en Angleterre.

L'ATOME NE SE PARTAGE PAS.

Le titre ci-dessus, de Gérard Bonnot, décrit bien ce qui se passa par la suite. Les deux Français voulurent intéresser les Anglais et ceux-ci acceptèrent mais refusèrent de partager avec les Américains qui prirent alors le projet en mains. Finalement, de désespoir, les Anglais décidèrent de créer, fin 1942, au Canada qui leur était accessible, un laboratoire où nos deux Français déjà mentionnés, ainsi que trois autres déjà en Amérique du Nord, trouvèrent à s'occuper. Ils choisirent Montréal, métropole francophone et internationale attrayante pour les Européens qui allaient s'y rassembler.

Il y eut cinq Français à ce laboratoire : Halban et Kowarski déjà mentionnés, Pierre Auger, de l'Institut (toujours vivant), Bertrand Goldschmidt et Jules Guéron. Ils furent l'objet de suspicions constantes de la part des autorités américaines du projet Manhattan dirigé par le général Leslie Groves et on songea même à les interner de crainte que leurs connaissances puissent servir aux ennemis des Américains, c'est-à-dire aux Allemands ou même aux Soviétiques pourtant alliés mais rivaux des Américains.

Les Américains redoutaient aussi la rivalité de la France. Avec leurs cousins d'Angleterre ou leurs bons voisins du Canada, ils se sentaient un peu plus en confiance, mais ils n'avaient aucune volonté d'une mise en commun de leurs connaissances avec la France ni, bien sûr, avec les autres pays. C'était déjà le Club atomique, un partenariat de trois pays anglo-saxons.

VASSALISATION DE LA FRANCE.

Les grandes réserves des Américains à l'égard des Français contrastent avec l'émouvante générosité qu'ils ont manifestée envers la France, dont témoignent

les grands cimetières militaires américains marquant les territoires du Nord de la France et de la Belgique. Ce contraste permet à certains de douter de la pureté de leurs intentions : voulaient-ils libérer la France ou la conquérir ? De Gaulle ne voulait pas que la France fut mise en tutelle, d'où ses réactions fulgurantes. (*).

LE PROJET FRANCAIS...

Les sentiments anti-français des Américains se manifestèrent à plusieurs reprises. En refusant l'accès à des renseignements et à l'uranium, ils gênèrent et retardèrent de plusieurs années le démarrage du projet d'énergie atomique créé en France après la libération (qui eut lieu le 25 août 1944) et après la reddition de l'Allemagne nazie, (le 8 mai 1945). Ce projet fut mis en marche le 3 janvier 1946, après avoir été créé, sous le nom de Commissariat à l'Energie Atomique, le CEA, le 18 octobre 1945. Goldschmit, tout récemment, vient de me confirmer que l'avis donné par le groupe d'atomistes français à de Gaulle l'avait décidé à accélérer cette création d'un CEA.

...ET LE VOL AMERICAIN.

Entre autres exemples de malveillance de la part des forces armées américaines, celles-ci s'emparèrent de force, sous la menace des mitrailleuses, d'un stock de 31 tonnes d'un composé d'uranium gardé en sécurité à Toulouse, qui était aux mains des Forces Françaises de l'Intérieur. Elles l'enlevèrent aux Français et, l'ayant chargé à Marseille, l'emportèrent aux Etats-Unis. C'était le 11 octobre 1944. De Gaulle avait décrété la mobilisation générale sur le territoire français libéré, depuis juin 1944. (**).

NDRL. (*). On sait par ailleurs, fait historique, qu'en 1943 Roosevelt et son entourage avaient décidé de créer un nouvel état européen démantelant la France. Cet état Wallonien regroupait la Belgique, le Nord de la France, l'Alsace Lorraine, la Lorraine non annexée (et même un peu plus) et le Grand Duché de Luxembourg.

NDRL. ()**. Il convient toutefois de souligner ce qui échappe à un Canadien n'ayant pas vécu alors l'actualité française, la réalité du fait suivant : à cette date, un tiers du territoire français (Sud-Ouest et Centre) était en état de quasi-insurrection révolutionnaire, échappant au Gouvernement de Gaulle à Paris. La situation était aussi dramatique à Toulouse qu'à Bordeaux ; dans cette ville le Commissaire de la République était même sequestré, menacé et mis hors pouvoir de fonctions. Or cet état insurrectionnel tendait à instaurer un pouvoir politique aligné sur celui de l'URSS. On ignore toujours si cette intervention américaine se faisait avec ou sans l'accord du gouvernement de Paris.

Le projet français a obtenu un succès immense, puisque la France a devancé tous les pays du monde dans la production d'électricité par des centrales nucléaires. Plus de 70 % de son électricité est d'origine nucléaire. La France a donc pris sa revanche sur les Américains, dont l'industrie nucléaire, dans le domaine civil comme dans le domaine militaire, connaît des difficultés. On peut dire que la France a maintenant repris, à ce point de vue, le cours de sa tradition remontant à 1958, au point de vue des applications de la découverte de 1939. A quel prix, c'est ce que nous allons voir.

BELGIQUE.

La Belgique, pays de la francophonie, fut envahie le 10 mai 1940. Avant cette date, deux industriels belges, Gustave Lechien et Edgar Sengier, administrateurs de l'Union minière au Haut-Katanga, située au Congo, alors colonie belge, apportèrent une aide qui devait se révéler significative pour le projet français d'après guerre. Ils expédièrent, en mai 1939 puis en mars 1940, un total de 8 tonnes d'oxyde d'uranium. Ce stock fut caché aux Allemands et retrouvé au Maroc. Il permit, en 1946, le démarrage des travaux du CEA en France.

QUEBEC..

Le Canada était désigné, pour les gouvernants anglais, comme partie de l'Empire et voisine des Etats-Unis, pour recevoir le laboratoire qu'ils voulaient créer. C'est le Ministre canadien Clarence Decatur Howe qui se chargea de l'accueillir dans le plus grand secret. Parmi ses collègues du Gouvernement d'Ottawa, seul le Premier Ministre Makenzie King fut mis dans le secret, à l'exclusion des autres membres du cabinet.

Le Québec s'est donc trouvé sur le chemin de l'atome politiquement britannique et scientifiquement français et international, à cause de l'affection de Halban pour la francophonie, pour qui il était naturel de choisir Montréal, par ailleurs noeud de communications et métropole. Quant au choix de l'Université de Montréal pour loger le laboratoire, ce fut un français, Henri Laugier, professeur à cette Université, qui indiqua qu'elle possédait de grands espaces disponibles partiellement aménagés.

Quand vint le moment d'installer une usine atomique au Canada, le Canadien George Laurence avait repéré deux sites acceptables : Chalk River, anciennement nommée rivière à la craie par Champlain, sur l'Outaouais en Ontario, et un autre sur le Saint-Maurice au Québec. Le site québécois fut rejeté par le Gouvernement canadien, l'une des raisons étant la possibilité que le Québec devienne éventuellement indépendant. Même le site ontarien fut critiqué pour une question de frontière avec le Québec. En effet le

Québec et l'Ontario ne sont séparés, à cet endroit, que par la rivière des Outaouais, large d'une centaine de mètres.

LA BOMBE.

Il est inutile de décrire ici les succès nucléaires des Américains, obtenus grâce à leur organisation industrielle, grâce au génie de quelques savants juifs européens qu'ils avaient accueillis, et surtout, grâce à un extraordinaire déploiement de discipline et de fierté nationale. Les premiers travaux des Français en France et en Angleterre leur ont servi de point de départ, mais les travaux du laboratoire de Montréal, dont ils étaient informés dans tous les détails, leur furent parfaitement superflus dans l'obtention de la bombe.

Le 6 août 1945, la bombe de Hiroshima faisait ses ravages et le monde entier apprenait la puissance incontestable des Etats-Unis. La déclaration du Président Truman annonça une domination mondiale, au nom de Dieu qui a confié aux Américains la mission de défendre le bien contre le mal :

"Nous devons nous constituer gardiens de cette nouvelle force afin d'empêcher son emploi néfaste et afin de la diriger pour le bien de l'humanité. C'est une terrible responsabilité qui nous est échue. Nous remercions Dieu qu'elle soit venue à nous plutôt qu'à nos ennemis et nous prions pour qu'Il nous guide pour l'utiliser dans Ses voies et dans Ses buts".

En ce qui concerne la réaction du Général de Gaulle à cette explosion atomique, tout récemment Pierre Augier, de l'Intitut, vient de me déclarer se souvenir parfaitement que le Général calmement et simplement, déclara aux atomistes français "Cette bombe il nous la faut : créons le Commissariat à l'Energie Atomique".

LA POLITIQUE DU SECRET.

On peut noter que le discours de Truman ne suggère aucune mise en commun généreuse mondiale du capital que constitue l'arme nucléaire. Il affirme un égoïsme sacré, qui devait aller jusqu'à l'exécution, en 1953, des époux Rosenberg accusés d'espionnage au profit de l'URSS. Ceux-ci protestèrent de leur innocence jusqu'au bout.

A la vérité n'ayons pas trop de regrets que le Ciel ait voulu faire échoir tant de puissance dans cette république d'Amérique du Nord. S'il avait préféré certains autres pays moins imbus de morale, le monde aurait peut-être connu pire...

De toute façon, on peut dire que la logique des découvertes scientifiques préparait pour la France un rôle historique qui lui fut usurpé à cause de la guerre et au bénéfice des Anglo-Saxons.

Quant aux craintes et aux précautions des Américains concernant fuites et espionnage vers l'Allemagne ou vers l'URSS, de la part des Français, elles furent vaines. Les espions se trouvèrent en fait chez les Anglo-Saxons : May, Fuchs et Greenglass, sans parler des époux Rosenberg, vraisemblablement innocents, et de Pontecorvo, qui, en 1950, abandonnant son passeport canadien, filait d'Angleterre en URSS. D'ailleurs, les Soviétiques avaient un projet en marche et ils eurent la bombe en septembre 1949. Les préventions américaines apparaissent maintenant ridicules et comme une tache dans leur histoire.

Quand la bombe H (la bombe à hydrogène) des Soviétiques éclata, en novembre 1955, elle suivait de 3 ans la première bombe H des Américains, et d'un an seulement la deuxième bombe H des Américains. L'analyse des effets de la bombe H des Soviétiques convainquit les Américains que l'espionnage n'était pas le principal facteur du succès des Soviétiques, ces derniers ayant découvert des techniques originales.

Le discours de Truman en 1945 fut suivi de restrictions considérables sur la diffusion des connaissances scientifiques acquises ou futures, dans le domaine fondamental de la connaissance de la matière.

LES RESTRICTIONS.

Les Américains imposèrent même des restrictions à l'acquisition des connaissances. L'épisode des 5 cyclotrons des universités japonaises, en novembre 1945, est célèbre. Ils démontèrent et jetèrent dans l'Océan Pacifique ces 5 cyclotrons, instruments pesant plusieurs tonnes, servant à accélérer les particules. L'un de ces appareils avait été acheté aux Etats-Unis, et le commandement suprême avait autorisé leur usage, le restreignant cependant aux recherches médicales.

Alors que des événements historiques tels qu'une naissance ou un meurtre peuvent être cachés indéfiniment à autrui s'il n'y a pas eu de témoin, il n'en est pas de même des secrets de la nature, surtout pour ce qui est des propriétés de la matière inanimée qui est la même partout.

Les restrictions imposées par la force à la libre diffusion des connaissances scientifiques, pour des motifs politiques, militaires ou industriels, sont contraires au véritable esprit scientifique. Pierre et Marie Curie ne voulurent pas prendre de brevets sur le radium et la radioactivité, afin que tous puissent en profiter.

TRIBUNAUX SECRETS D'AUJOURD'HUI.

On peut voir un héritage des méthodes autoritaires en matière de science, dans la pratique du secret qu'imposent les revues dites de pointe

d'aujourd'hui. Les manuscrits sont jugés par des juges anonymes dont l'identité n'est pas dévoilée aux auteurs. La plupart de ces revues de pointe sont contrôlées par des Américains éminents. Rémy Chauvin s'est élevé contre cette pratique. Surtout en cas de refus du manuscrit soumis, c'est un moyen précieux, la direction étant assurée pour un collègue éminent de bénéficier, pour ses propres travaux, de la lère connaissance de ce que l'auteur du manuscrit a découvert et, même, de retarder la notoriété d'un compétiteur gênant.

CLUB ATOMIQUE. (1945-1964).

Un club est un cercle fermé, d'accès limité, qui réunit des amis de coeur ou de nécessité, ou du moins des partenaires, croyant avoir besoin les uns des autres et qui veulent exclure les tiers. Ce fut le cas du club atomique. Son origine remonte à 1943. Il était entièrement anglo-saxon, résultant de l'accord de Québec signé par Churchill et Roosevelt, le 19 août 1943, accord qui conduisit à la création d'un comité tripartite situé à Washington, où le Canada avait obtenu un siège, occupé par C.D. Howe, anglo-saxon.

Mais, pour le public, ce Club Atomique ne devait apparaître qu'en août 1945. Dominé par son doyen et fondateur l'Oncle Sam (Hiroshima, 6 août 1945), on y trouva John Bull (dès 1943 et Montebello, 3 octobre 1952), puis vint l'Ours soviétique (automne 1949), et finalement Marianne la Française (Reggane, 13 février 1960). Le Canada y joua un rôle effacé de satellite à la fois des Anglais et des Américains. Il renonça dès le début aux applications militaires, mais il possède la bombe par personnes interposées : il possède le "parapluie nucléaire".

Selon la nomenclature de Goldschmidt on cessa de parler d'un club lors des explosions de la Chine (Sin-Kiang 15 octobre 1964) et de l'Inde (1974), et des potentialités d'Israël. Il y aurait eu trop de partenaires et les prétentions de cordialité mutuelle auraient été trop artificielles.

CLUB ATOMIQUE (1953)...

Mais un autre club atomique, plus discret, plus durable et un peu plus démocratique que celui de 1945, a pris la relève de celui-ci, avec la création, en 1953 du CERN, Laboratoire Européen de recherches Nucléaires et avec la création d'un réseau d'information privilégié. Donnant donnant : le chercheur atomiste donne et reçoit une information promptement, par télématique et par des prépublications s'il est membre du club. Il connaît les résultats, avant leur parution dans une revue scientifique accessible à tous. Cela rappelle le délit d'initié : les membres du club sont avantagés dans la course aux découvertes et aux réputations.

Transparence et démocratie partielles, puisque ce réseau est un club, exclusif par sa définition même, et parce qu'il impose un asservissement linguistique exclusif à l'anglais. Un domaine important de la découverte contemporaine, celui de la structure de la matière, se trouve accaparé au bénéfice des Anglo-Saxons et de leurs amis.

...ET DOMINATION MONDIALE.

Le Club Atomique (1953), étape de l'histoire de l'atome, contribue à l'asservissement linguistique en faveur de l'anglais et à la domination américaine. Mais il n'en est qu'un instrument parmi d'autres intervenant aux mêmes fins et se confortant mutuellement : l'anglais en science appuie l'anglais dans la chanson et réciproquement. Signalons la "Conquête des esprits", livre qui décrit les activités culturelles des deux agences des Etats-Unis CIA et USICA mais qui ne s'arrête pas à l'aspect linguistique.

Fortes de la réputation de l'atome, les garnisons américaines n'ont pas besoin d'ouvrir la bouche pour être écoutées. Leur présence persuade naturellement de l'importance de communiquer en anglais. Au début de 1990, on évaluait à 250.000 hommes les effectifs américains en Europe.

Le répertoire postal des Etats-Unis nous fait connaître près de 600 codes à 5 chiffres dirigeant la correspondance vers leurs bases militaires dans le monde entier et, par le fait même, signalant leur existence. Exemple : Paris France 09777 ; Terre-Neuve Canada 09597, etc. Voyez ci-dessous :

Bureaux de poste militaires des Etats-Unis.
(Un souligné marque les pays de la francophonie).

Açores, Algérie, Allemagne, Angleterre, Antarctique, Antigua, Arabie saoudite, Argentine, Australie, Bahamas, Barhein, Belgique, Bolivie, Brésil, Canada, Chili, Corée, Costa-Rica, Cuba, Danemark, Egypte, El Salvador, Equateur, Espagne, Finlande, France, Grèce, Groënland, Guam, Guatémala, Honduras, Hong-Hong, Indonésie, Islande, Israël, Italie, Japon, Kenya, Libéria, Maroc, Nicaragua, Norvège, Nouvelle-Zélande, Panama, Paraguay, Pays-Bas, Pérou, Philippines, Porto-Rico, Portugal, République Dominicaine, Seychelles, Singapour, Soudan, Thaïlande, Turquie, Uruguay, Vénézuéla, Zaire.

Aux Etats-Unis, en 1945, un manifeste disait, au début du premier Club Atomique : "One World or None". Il prêchait l'unification du monde par l'usage de l'anglais. La même idée fut reprise en 1984.

C'était aux Jeux Olympiques de San Francisco, dans une chanson intitulée "One World" (Un monde unifié). Un vidéo la présentait chantée sous la Tour Eiffel, au pied d'un moulin à vent des Pays-Bas, devant une pagode japonaise, etc... On la montrait chantée partout, en anglais, prêchant encore l'unification du monde, par l'usage de l'anglais.

Quant à certains adversaires des explosions nucléaires, françaises et autres, ils ne s'appellent pas "Paix verte", ils se nomment du nom anglais "Greenpeace", suggérant que l'usage de l'anglais est indispensable pour deux bonnes causes : la paix et l'écologie.

LES LIVRES BLANCS.

Des livres blancs furent publiés en août 1945, après l'explosion d'Hiroshima, par les Américains, par les Anglais et par le Canada. Ils rendent inégalement justice à Joliot et aux Français, seul le livre des Anglais relatant fidèlement les faits. Les Français n'en publièrent pas. On peut en chercher l'équivalent dans les livres de Bertrand Goldschmidt que nous avons abondamment utilisés. Signalons l'oeuvre de l'Américain Spencer Weart, qui décrit bien le rôle des Français dans la découverte de l'énergie atomique.

LE SORT DE JOLIOT.

Pour ce qui est des bénéfices monétaires de sa découverte, Joliot fut spolié. Lui et ses collaborateurs reçurent des Etats-Unis, en 1969, un montant symbolique de 35.000 dollars, alors qu'en temps de paix, ils auraient pu espérer beaucoup plus. Il était facile pour les Américains de mettre en ligne de compte leurs propres efforts scientifiques et techniques, et de reléguer dans l'ombre, en comparaison, l'apport des inventeurs français.

Pour ce qui est de sa réputation comme découvreur de l'énergie atomique, elle lui a valu une gloire immense, surtout en Europe, mais cette réputation aurait pu normalement, en temps de paix, lui permettre de réaliser des travaux de recherche scientifique beaucoup plus élaborés dans la voie qu'il avait explorée. La surveillance allemande restreignait ses activités. La liste de ses publications de recherche originale comprend cependant, après 1940, une bonne douzaine de travaux, dont il est l'auteur, seul ou en collaboration. Parmi ses collaborateurs, on note Bovet, R. Courrier, A. Horeau, Irène Joliot-Curie, A. Lacassagne, Poumeau de Lille et Pierre Süe.

Parmi ses autres publications signalons l'article page 1 du n° 1 de la revue Atomes, dirigée par Pierre Süe, intitulé "L'énergie atomique", en 1946. Cette revue changea de nom plus tard pour s'appeler La Recherche.

JOLIOT COMMUNISTE.

Or Joliot était communiste depuis 1942, après la torture et l'exécution de deux physiciens : le Résistant Fernand Holweck en 1941 et Jacques Salomon, Résistant et communiste, en 1942. A ce moment, les

Soviétiques combattaient les Allemands, et les communistes de France s'organisaient pour combattre les Allemands de l'intérieur.

Fernand Holweck, le spécialiste du vide, l'inventeur de la pompe moléculaire qui porte son nom, n'était pas tout à fait un inconnu au Québec. Vers 1925, il fut sollicité pour prendre la direction d'un Département de physique dans la toute nouvelle Université de Montréal, fondée en 1921. Pour des raisons personnelles, il ne put venir et ce fut le Québécois Ernest Gendreau qui assura cette direction. Il fut remplacé par le Français Marcel Rouault en 1946.

Joliot, qui fit partie de la Résistance en 1944, devenu le premier personnage du CEA dès sa fondation en 1946, fut glorifié et exploité par le Parti communiste. Il prit, en mars 1950, la tête du mouvement de Stockholm pour la paix, qui obtint 500 millions de signatures en faveur de l'abolition de la bombe atomique, mouvement pro-soviétique, malgré la première explosion soviétique de septembre 1949.

Pour les communistes, Joliot était un héros et il devint un martyr lorsqu'il fut renvoyé de son poste à la tête du CEA par le Ministre Georges Bidault, le 26 avril 1950.

Follement acclamé, le 5 avril 1950, devant le XII^e congrès du Parti communiste français à Gennevilliers, Joliot avait provoqué le Gouvernement français.

Joliot déclarait : "Jamais les scientifiques progressistes, les scientifiques communistes, ne donneront une parcelle de leur science pour faire la guerre contre l'Union soviétique. Et nous tiendrons ferme, soutenus par notre conviction qu'en agissant ainsi, nous servons la France et l'humanité tout entière".

Cette déclaration reprenait l'idée du Secrétaire Général du PC., Jacques Duclos : "Tout homme de progrès a deux patries, la sienne et l'Union soviétique".

(Sur un registre très différent, la citoyenne américaine Joséphine Baker s'était fait applaudir, vers 1930, pour avoir proclamé et chanté plusieurs fois, seins nus et cheveux au vent "j'ai deux amours, mon pays et Paris". Les Présidents américains Coolidge et Hoover n'avaient pas protesté, le Président Gaston Doumergue non plus)..

Les enthousiasmes de Joliot, Aragon et de plusieurs autres intellectuels français, épris de liberté, pour un régime aussi oppresseur et sanguinaire que celui de Staline, paraissent relever de l'utopie et de la désinformation. Les sympathies communistes de Joliot s'expliquent par sa triple opposition à l'occupation allemande, à la domination américaine sur la France et à la bombe. Son aveuglement s'explique par l'adulation dont il était l'objet.

Dans le climat de 1990, alors qu'Américains, Français et Soviétiques fraternisent, une telle

déclaration de Joliot n'aurait pas sa raison d'être. Sa déclaration de 1950, peut ainsi passer pour prophétique, mais, en 1950, elle était provocante. Le Gouvernement français n'avait pas le choix, il fallait destituer Joliot. Les Américains et les communistes jubilaient, la France, et surtout Joliot y perdaient.

Dans son zèle pro-communiste, Joliot fit un grand nombre de nominations partisans au CEA. De la sorte, bien des non-communistes valables et bien des espérances légitimes furent sans doute frustrées.

FIERTE FRANCAISE.

Il ne fait pas de doute que la France s'est conduite avec un sens aigu de sa fierté nationale vis-à-vis des Anglais. En Juin 1940, pendant l'exode des Français fuyant Paris, on raconte que Churchill arriva par avion à Orléans et proposa au Gouvernement français, dirigé par Paul Reynaud, de créer un Gouvernement unique conjoint France Angleterre. Reynaud refusa, le 16 juin 1940 et Churchill repartit bredouille.

Le 3 juillet 1940, à Mers-el-Kébir, devant Oran en Algérie, les Anglais ont tiré sur les navires français qui refusaient leur ultimatum : se joindre à la marine britannique ou appareiller pour l'Angleterre. Le navire "Bretagne" brûla et près de mille marins français périrent.

Quant aux manifestations de la fierté française vis-à-vis des Américains, voyez les divergences entre de Gaulle et Roosevelt exposées par Lacouture : d'où la visite d'autorité du Général de Gaulle à Caen, première ville française libérée en 1944. Elle consacrait la légitimité de son gouvernement.

Mais la fierté française ne comprend pas toujours la fierté pour l'usage de la langue française.

VIRAGE VERS L'ANGLAIS.

Les deux français parvenus en Angleterre en 1940, rencontrèrent le Colonel René Mayer de la France libre puis se tinrent à l'écart de celle-ci. Finalement employés par les autorités britanniques, polyglottes, ils utilisèrent naturellement l'anglais pour leurs relations officielles. Cet usage se transporta, en 1943, au laboratoire de Montréal, peuplé surtout de britanniques et de Canadiens de langue anglaise, si l'on excepte le personnel subalterne.

Ces Français parlaient français entre eux et le français était la langue commune entre tous les scientifiques d'Europe continentale présents au laboratoire de Montréal. Outre les cinq Français, on y trouvait les Autrichiens Friedrich et Franz Paneth, le Hongrois George Placzek et l'Italien Bruno Pontecorvo. Mais, dès qu'ils se trouvaient en présence d'un Canadien de langue anglaise ou d'un britannique, la

conversation virait à l'anglais. Les rapports, destinés aux autorités du Canada ou des Etats-Unis, étaient obligatoirement en anglais.

Moins naturel apparaît le choix de Halban, Joliot et Kowarski, en 1939, d'adresser leurs deux communications qui firent époque, à la revue anglaise Nature. N'avaient-ils pas, à Paris même, accès aux Comptes rendus de l'Académie des Sciences, hebdomadaire publiant rapidement, en français, les notes soumises par l'intermédiaire d'un membre de l'Académie ? (Leur article en collaboration avec Francis Perrin parut dans le Journal de physique et le Radium).

Selon Waert, ce fut à cause d'une figure, dont la publication aurait pu retarder la parution dans les Comptes rendus. Une autre version, que l'auteur tient probablement de Kowarski, se base sur les jours de la semaine. Lorsque la communication aux Comptes rendus est imprimée, elle porte la date du lundi, jour de la présentation devant l'Académie des sciences. Leur manuscrit était prêt le mardi 8 mars. La date de réception signalée par Nature pouvait être dès le lendemain, mercredi 9 mars, antérieure à la date du lundi suivant, 14 mars. Les auteurs gagnaient donc 5 jours. Ce mardi 8 mars, Kowarski alla au Bourget pour porter l'enveloppe à l'avion partant pour l'Angleterre.

Il fallait de préférence, parler anglais avec les dirigeants américains. Ainsi, on peut faire remonter aux deux scientifiques français exilés l'acceptation de l'anglais comme langue scientifique par les autres scientifiques français pendant la guerre, acceptation dont les conséquences persistent de nos jours.

Frédéric Joliot et Irène Joliot-Curie, ne parlant pas anglais se trouvaient désavantagés (de même Henri Laugier), selon Goldschmidt. Ce sont les seules remarques d'ordre linguistique qu'on a pu trouver dans les livres de cet auteur. Joliot et sa femme apparaissent dans cette histoire comme des héros, non seulement de la France et de la découverte scientifique, mais aussi de la langue française. Dans les sympathies pro-communistes de Joliot, les scientifiques américains ont trouvé un argument de plus contre la langue française.

CANADA, PAYS DE LA FRANCOPHONIE.

En 1942 le Canada accueillait cinq Français, parmi lesquels deux auteurs de la découverte, fondés de pouvoirs de Joliot. Qu'a fait le Canada pour affirmer le caractère francophone de l'entreprise et pour assurer la participation politique des Francophones du Canada ?

Le Canada ne fit exactement rien à cet égard. "Le Canada", dans cette affaire, cela se résume, pour l'histoire, à deux ministres du cabinet d'Ottawa : C.D. Howe et W.L.M.King. Les autres ne savaient rien. Les ministres francophones qui représentaient les

Canadiens-Français et les Québécois dans ce cabinet ne savaient rien. Entre juin 1942 et août 1945, époque durant laquelle régnait le secret sur l'existence du laboratoire de Montréal, voici ces ministres francophones : Ernest Bertrand, Alphonse Fournier, Léo Richer Laflèche, Paul J.J. Martin, Joseph Enoil Michaud et Louis Stéphen Saint-Laurent.

Ce dernier, fut pourtant le bras droit du Premier Ministre William Lyon Mackenzie King. Il fut élu en remplacement de Ernest Lapointe, décédé, et dans le même comté que lui, dans la ville de Québec, en 1941. Il joua un rôle de premier plan pour faire accepter la conscription déguisée (le "volontariat obligatoire") à la population francophone. C'est ainsi qu'eut lieu le désastreux débarquement de Dieppe, le 18 août 1942.

La biographie officielle de Louis S. Saint-Laurent ne mentionne même pas la question du laboratoire de Montréal et la participation du Canada au projet conjoint avec les Etats-Unis et l'Angleterre. Saint-Laurent n'en fut informé qu'en août 1945.

Cette opinion se trouve confirmée par des passages de deux auteurs. Pour le meilleur comme pour le pire, Howe et King prirent donc sur eux tout ce qui se faisait en secret au sujet de l'atome au Canada, et leur politique fut purement anglo-saxonne.

Ce qui s'était fait en secret se continue en demi-secret à partir d'août 1945. L'énergie atomique au Canada et au Québec était lancée selon les idées de Howe et de King. Saint-Laurent laissa faire dans la suite, aussi bien que ses 5 collègues canadiens-français.

Les francophones du Québec et du Canada avaient donné leur confiance à ceux qu'ils avaient élus dans le système politique d'alors : leurs impôts servirent à défrayer une entreprise sur laquelle ils n'eurent aucun contrôle puisqu'il fut décidé en haut lieu qu'ils n'en sauraient rien.

Une politique francophone de la part d'Ottawa aurait pu se pratiquer avec la participation du Québec. Elle aurait permis de réclamer pour la France un rôle politique à la mesure de l'importance des découvertes de Joliot. Elle aurait conduit à l'usage de la langue française dans l'entreprise. Elle aurait assuré aux Québécois une pleine connaissance de ce qui se passait chez eux, de décider de ce qu'ils voulaient faire dans cette entreprise.

La population du Québec et la population francophone du Canada ne furent guère mieux traitées, à l'époque, que celles de Bikini ou d'Eniwetok : on avait besoin du territoire comme champ d'opérations. De plus, on avait aussi besoin des impôts et de percepteurs d'impôts, et de soldats pour les débarquements en Europe.

Quant aux politiciens du Gouvernement du Québec, les journaux les ont renseignés en même temps

qu'ils renseignaient les politiciens... de Patagonie et de Zanzibar !

ENERGIE ATOMIQUE DU CANADA Ltée.

Il ne faut pas s'étonner si les Québécois, mis au courant après coup de ce qui s'était passé chez eux, regardent aujourd'hui avec méfiance ou indifférence EACL (Energie Atomique du Canada Limitée), qui a pris la succession du laboratoire de Montréal.

Le personnel d'EACL est à 94,6 % anglophone, les employés francophones formant 5,4 % du total étant surtout des subalternes. EACL emploie 4.200 personnes dont 225 francophones répartis comme suit : 10 au siège social, 131 dans les laboratoires de recherche et 84 aux opérations CANDU.. Elle compte 8 ingénieurs francophones. Elle emploie 38 spécialistes francophones, parmi lesquels on compte 3 physiciens, 1 chimiste, 2 autres scientifiques, 14 techniciens et 18 technologues.

Cette compagnie de la "Couronne britannique" coûte cher chaque année au contribuable francophone du Canada et du Québec. Son budget annuel est de l'ordre de 300 millions de \$ Canada. Ce montant peut se mettre en parallèle avec les dépenses, voisines de 2 milliards de \$ E-U, qui ont permis aux Américains de fabriquer la première bombe.

L'énergie atomique est pratiquement inutile au Québec, abondamment pourvu d'hydro-électricité. L'unique centrale atomique au Québec, Gentilly II, contribue à 4 % de la consommation d'électricité au Québec. Elle a coûté 1.300 millions de \$ Canada. Le Québec n'ayant pas d'uranium sur son territoire et ne pouvant d'ailleurs pas échapper au contrôle des Américains en pareille matière, c'est une mesure de prudence élémentaire pour un Québec orienté vers l'indépendance, de ne pas se placer d'avance à la merci de son voisin du Sud. Il a des raisons politiques de ne pas investir dans le nucléaire pour assurer son approvisionnement énergétique.

EACL se rend par contre utile aux provinces d'Ontario avec 18 réacteurs et du Nouveau Brunswick avec un réacteur. Elles y trouvent la source respectivement de 90 % et de 30 % de leur électricité.

En définitive, l'énergie atomique au Canada, techniquement inutile et fardeau fiscal pour le Québec, fut un dommage politique pour les Francophones du Québec et du reste du Canada. Son installation et son développement ont donné au Gouvernement d'Ottawa une occasion d'appliquer, par l'usage discrétionnaire des fonds publics pendant une longue période, une politique qui a diminué les Francophones par rapport aux Anglophones.

Cette politique a encore ajouté à la disproportion entre le pouvoir d'Ottawa et le pouvoir du Québec. Elle a eu des retombées dans l'éducation au Québec, compétence exclusive du Gouvernement du Québec.

Le monde universitaire du Québec et du Canada fut encore davantage assujéti au Gouvernement d'Ottawa par l'intervention de ce dernier dans l'enseignement et la recherche nucléaire. Une politique appliquée aux Francophones ne peut être à leur bénéfice que si elle est conçue et appliquée par les Francophones eux-mêmes.

Dans la perspective de la Francophonie mondiale de 1990, on peut regretter que les Français, initiateurs du laboratoire de Montréal, n'aient pas établi davantage le contact avec les Francophones au pouvoir au Québec et au Canada. Leurs engagements vis-à-vis de leur employeur britannique les en empêchait. Eussent-ils été rattachés plus intimement à l'autorité de la France libre, que les choses auraient pu être différentes.

FRANCOPHOBIE.

Si les Américains, tels que le tout puissant Général Groves, avaient été moins xénophobes, ils auraient évité de graves dommages. C'est ce que le Professeur Nils Bohr, avec toute son autorité, voulut faire comprendre à Roosevelt et Churchill, en suggérant un échange limité avec les Soviétiques. Il fut évincé et même menacé d'emprisonnement par Churchill.

Quant à la francophobie américaine, l'auteur peut apporter une anecdote qu'il décrit de mémoire après 40 ans.

"Etant dans mon laboratoire comme Professeur à l'Université de Montréal, je fus sollicité téléphoniquement par un avocat de New-York. Il voulait me rencontrer au sujet de Joliot. Naturellement j'acceptai et, le lendemain, j'étais son invité à déjeuner dans un restaurant de Montréal, en compagnie d'un autre avocat, venu avec lui.

Il m'expliqua son dessein. Il était chargé de défendre les intérêts de Joliot et de ses collaborateurs dans l'affaire de ses brevets, auprès du Gouvernement américain, peu enclin à reconnaître que ces brevets avaient de la pertinence, étant donné que Fermi avait lui aussi trouvé, avec quelques jours de retard sur les Français, plus ou moins la même chose que ces brevets, étant donné que des brevets ne comptaient guère devant le déploiement industriel américain. Il s'agissait de démontrer que Joliot, Halban et Kowarski (et Francis Perrin) étaient conscients de l'importance de leur découverte. Je leur dis qu'en effet, même si je n'entrais au laboratoire de Joliot, pour y travailler sous la direction immédiate de Halban, qu'au mois d'août 1939, j'avais bien observé l'excitation qui y régnait. De plus, j'avais reçu des consignes sévères de discrétion concernant l'eau lourde, l'uranium, le béryllium et le graphite.

J'étais donc disposé à témoigner dans le sens qu'ils souhaitaient et tout allait bien jusqu'à ce moment. Il fut question d'établir un calendrier pour de futures rencontres avec un juge instruisant cette

affaire. Mais tout tomba à l'eau quand ils comprirent que, par souci de ma dignité et par souci de la dignité des Français mis en cause, je témoignerais en français. Vous pourrez, leur disais-je, prendre un juge sachant le français ou encore, recourir aux services d'un interprète si le juge ne connaît pas le français. Inutile dans ces circonstances, me dirent-ils, après s'être regardés l'un l'autre. Question de bonne foi ou de confiance, me dirent-ils encore surtout si l'on sait que vous connaissez l'anglais et que vous ne voulez pas vous en servir ; un juge sera défiant devant un témoignage donné dans une langue étrangère et ne s'y arrêtera pas."

Je protestai que cela me paraissait bien singulier : peut-on croire que la justice américaine veut rendre justice à des Français si elle place la langue française et ses usagers en si basse estime ?

Je sortis de cette rencontre persuadé encore davantage de la prévention des Américains à l'encontre des personnes attachées à l'usage du français. A l'encontre de Joliot par exemple.

Rien d'étonnant après cette expérience, de lire, sous la plume d'Eisemon et de Rabkin, ce témoignage de dédain envers la langue française :

"After all, if a man is any good, he communicates in English".

(Après tout, un homme ayant quelque valeur s'exprimera en anglais).

Pour apprécier ce témoignage, essayons de le replacer dans son contexte.

Eisemon et Rabkin analysaient, en 1978, les témoignages de Montréalais, professeurs de génie. Les uns étaient anglophones et enseignaient à l'Université Mac Gill, les autres étaient francophones et enseignaient à l'École Polytechnique de Montréal. L'enquête portait sur la langue qu'ils employaient dans leurs communications professionnelles orales et écrites. La citation mentionnée plus haut représentait l'opinion des anglophones sur la langue d'usage des francophones.

Autre citation pertinente, celle-là, de l'humoriste Mark Twain (1835-1910). Il raconte une conversation entre un fermier du Far-West et un Français qui voyage dans l'Ouest américain. Le Français ayant dit quelques mots en français, le fermier s'exclame dans un anglais savoureux :

"How come a Frenchman is a man, if he don't speak like a man ?"

(Comment un Français peut-il être un homme, s'il ne parle pas comme un homme ?).

Parler comme un homme veut dire, dans l'esprit dudit fermier, parler anglais ! Et celui qui n'est pas un homme, qu'est-il donc, selon ce personnage

peu cultivé osant dire tout haut ce que pense monsieur tout le monde.

"IL FAUT ETRE LU..."

Le grand argument des scientifiques voulant se justifier de publier en anglais leurs découvertes précieuses est leur désir d'être lus : si mon travail paraît en français, il ne sera pas lu et je n'obtiendrai pas justice ; si mon travail paraît en anglais, il sera lu et j'obtiendrai justice. L'histoire de l'énergie atomique permet de mettre en doute ce raisonnement et sa conclusion. Elle suggère de flagrante manière qu'il ne suffit pas de faire usage de la langue anglaise et d'être lu pour obtenir justice, surtout si le travail est valable et important et s'il met en cause des intérêts politiques et militaires.

En effet, le travail original de Halban et Kowarski fut publié en anglais. Halban et Kowarski prirent des brevets en anglais, en Angleterre puis au Canada. Leur travail fut lu, en anglais, et connu des collègues anglo-saxons et de la communauté internationale. Sa valeur est longuement affirmée dans le livre de Weart.

Or ils n'obtinrent justice que fort incomplètement. Les utilisateurs de l'énergie atomique en Belgique et en Allemagne versèrent des droits aux inventeurs. En Angleterre il y eut un arrangement à l'amiable.

Mais les principaux utilisateurs, les Américains, refusèrent de reconnaître les droits des inventeurs, malgré des démarches coûteuses et interminables (ils versèrent un montant symbolique de 35.000 \$ E.U.).

Ce qui s'est passé au Canada est moins bien connu. Un collègue de l'université d'Ottawa nous a renseignés. Il a servi d'expert concernant des brevets canadiens appartenant à Halban et à Kowarski. Ces derniers réclamaient une compensation du Gouvernement du Canada, mais les procureurs du Canada firent traîner les choses et les deux Français moururent avant d'avoir obtenu justice : Halban mourut en 1974, à l'âge de 56 ans, et Kowarski quelques années plus tard. Selon un témoignage recueilli, "Kowarski cherchait à obtenir un droit sur chaque neutron produit par l'industrie nucléaire".

PUBLICATIONS DE JOLIOT.

La bibliographie donnée par Pierre Biquard montre que Joliot a publié en français la majorité de ses écrits (93,3 %) ; celle-ci est de 91,6% en ce qui concerne ses écrits originaux.

Quant à Halban et Kowarski, ils ont fait paraître 3 publications en collaboration avec Joliot, en 1939 ; deux d'entre elles sont en Anglais. La proportion en Français est 33,3 %.

Frédéric JOLIOT

Publications originales avec Irène Joliot-Curie : total 37 dont 4 en Anglais, soit 10,8 %.

Autres publications originales : 46 dont 3 en Anglais, soit 6,5 %.

Total des publications originales : 83 dont 7 en Anglais soit 8,4 %.

Autres textes : 36 dont 1 en Anglais, soit 2,8 %.

Total global des publications : 119 dont 8 en Anglais soit 6,7 %.

PUBLICATIONS DU CEA.

Le CEA a diversifié ses activités depuis sa fondation. Il ne s'est pas restreint à la production d'énergie électrique, fonction qui a été transférée à EDF (Electricité de France), et il a acquis un rôle militaire, pour créer la "force de dissuasion", atout politique important. Il a donné naissance à plusieurs agences officielles. La liste occupe une pleine page du Bottin administratif. Elle comprend des comités, des conseils et des commissions ; des établissements civils d'études nucléaires et des filiales telles que Framatome, Epicea, Cogema etc, des Directions pour les questions de défense, pour les applications militaires etc. Toute cette organisation existe sous le sceau du secret, car on n'y trouve que trois noms de personnes, dont celui de Jean Teilhac, Haut Commissaire.

Au grand centre de Saclay, qui fut créé grâce aux efforts de Joliot, on trouve aujourd'hui le synchrotron Saturne, compris dans le CEN (Centre d'études nucléaires du CEA) et des laboratoires du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique).

On trouve encore à Saclay plusieurs autres laboratoires scientifiques. Y sont installés en outre l'Université de Paris XI Orsay, l'IUT (Institut Universitaire de Technologie) etc.. Certains de ces laboratoires collaborent avec le CERN (Organisation européenne de recherche nucléaire).

Science et Francophonie a fait paraître, pour la période allant de la fondation du CERN en 1953 jusqu'à 1982, une analyse des publications résultant d'une collaboration expérimentale des laboratoires de France avec le CERN. Dans le tableau XI de cette analyse, on trouve, sous le titre "Saclay", les laboratoires du CEA, du CEN et du CNRS ayant pour adresse Saclay. Au cours de cette période, les chercheurs de ce groupe "Saclay" ont fait paraître, seuls ou en collaboration avec d'autres chercheurs, 117 articles, tous en anglais.

Voici un complément mettant à jour l'étude ci-dessus sur le groupe "Saclay" du CERN. L'analyse des rapports annuels de cette institution de 1983 à 1989 donne les résultats suivants pour les articles : 209 articles, tous en anglais. Le total global est le

suisant : 326 articles tous en anglais, entre 1953 et 1989. Proportion en français : 0 %.

Les Français, chercheurs du CEA et collaborateurs du CERN, ont ainsi publié de façon exclusive leurs résultats en anglais. Cela contraste avec la pratique de Joliot analysée plus haut.

Voici un sommaire.

Publications scientifiques :

Frédéric Joliot : en anglais : 6,7 %
 en Français : 93,3 %
CEA (Commissariat à l'énergie atomique) :
 en anglais : 100 %
 en français : 0 %

VISITE AU CEA.

Cette aversion caractérisée envers la langue française, élément essentiel de l'identité française, de la part d'un organisme officiel qui, par ailleurs, assure à la France la possibilité de défendre par la force nucléaire son identité nationale, paraît surprenante et paradoxale, voire même inquiétante.

On peut se demander si le CEA ne serait pas prêt à proclamer, en 1990, l'inverse, en quelque sorte, de l'acte de foi de Joliot à Gennevilliers en 1950 ! Ce pastiche ne serait pas communiste, mais anglicisant et pro-américain, comme dans ces réflexions :

"Jamais les scientifiques du CEA, les scientifiques au service des intérêts supérieurs de la nation française, ne dépenseront la moindre parcelle de leurs énergies pour combattre l'usage de la langue anglaise, celle qui assure la domination des Américains sur la communauté internationale des scientifiques. Et nous tiendrons ferme, soutenus par notre conviction qu'en utilisant la langue anglaise dans nos publications de façon exclusive, nous servons la France et l'humanité tout entière."

(déclaration imaginaire du CEA).

Après tout ce que les Anglo-saxons ont fait endurer aux Français de l'énergie atomique, après les vols, les menaces d'emprisonnement, les mises au secret, après les traitements infamants infligés à Irène Joliot qui fut détenue à Staten Island, près de New-York, lieu d'attente des immigrants suspects, après ceux infligés à Frédéric Joliot par les Etats-Unis et par l'Angleterre qui lui refusèrent l'entrée, n'y a-t-il pas lieu, pour le CEA, de prendre garde à cette sorte de vassalisation qui s'appelle conquête des esprits ?

Les commentaires qui suivent suggèrent une telle mise en garde. Ils sont de Gérard Bonnot, concernant le livre de Goldschmidt en 1987.

L'auteur a rencontré un porte-parole du CEA, qui fut Paul Bonnot, Inspecteur général du CEA, chargé

de la sécurité et de l'information. Voici un compte-rendu de la rencontre :

Il explique quelques-uns des traits les moins plaisants de notre actuel Commissariat à l'Energie Atomique : son intrangigeance, son chauvinisme, son goût forcené du secret, un curieux mélange d'arrogance et de rancœur, comme si le monde entier lui en voulait. Il est né d'une frustration. Il s'est bâti dans le ressentiment, et il n'arrive pas à se défaire de la conviction d'être une victime, injustement dépossédée de son droit d'aïnesse.

M. Bonnet m'a reçu, et il m'a reçu correctement mais il fut peu coopératif. Je lui demandai ce qu'il voudrait faire pour promouvoir l'usage du Français dans les publications des chercheurs du CEA, entre autres au CERN, alors que le CEA a une tradition de chef de file pour défendre les intérêts supérieurs de la France et malgré les reculs successifs de la France devant l'invasion de la langue anglaise.

Il ne voulut pas répondre à ma question, il ne voulut pas que je prenne une photo de lui, il refusa aussi que j'enregistre ses propos et il ne voulut même pas que je prenne des notes en sa présence. Il me montra des livres de 500 ou 600 pages sur l'énergie atomique, écrits en Français par le personnel du CEA, du moins dans certaines sortes de publications. Ils ne sont pas disponibles en librairie. Il ne voulut pas que j'emporte un exemplaire.

Cependant il convint que je lui écrirais à ce propos, ce que je fis dès le lendemain 28 octobre 1983.

Neuf ans plus tard j'attends encore la réponse. Paul Bonnot, qui a pris sa retraite depuis ce temps, trouvera t-il le temps de nous répondre maintenant ?

FRANCISATION.

Dans les deux livres de Goldschmidt, on n'a pu trouver aucune allusion à une affirmation de la langue française. On a cependant trouvé, une seule fois le mot "francisation", ou plus exactement, le verbe correspondant "franciser" ; voici l'extrait :

"La conjonction des efforts d'EDF, du CEA et de Framatome pour "franciser" cette filière aura ainsi porté ses fruits" (p. 476).

Cette citation marque bien la dichotomie qu'entretiennent la plupart des Français sur l'idée de ce qui est français. Franciser se limite ici à la technique des Français.

Bref, ce constat ressemble à la déclaration qui suit :

Un scientifique appartient à deux collectivités.

Il possède, pour ainsi dire deux nationalités.

En tant que citoyen c'est la collectivité québécoise qui prime, mais en tant que scientifique, c'est la collectivité professionnelle qui l'emporte.

Cette constatation est de Lorrain et Sainte-Marie, qui concluent : "les travaux de scientifiques québécois francophones qui s'adressent à la communauté internationale devraient être rédigés en Anglais".

Pendant ce temps, l'OLF, Office de la Langue Française du Québec diffuse une revue "Francisation en marche". Il s'agit ouvertement de la langue des Français, d'une véritable bataille pour la langue Française. Il s'agit de défendre l'identité d'un peuple de descendants de Français, il s'agit de l'avenir des relations des Français de France avec le monde nord-américain.

Et ce alors même que les Francophones de France, eux qui possèdent l'atout de la bombe atomique, se sont laissé conquérir par le pire adversaire de l'identité française, par la langue anglaise. Ils en sont devenus les adeptes et les propagandistes.

Cette dichotomie, cette décadence, commença de s'installer à cause des concessions à la langue anglaise que deux Français, naturalisés depuis peu, chargés des découvertes de Joliot, acceptèrent et choisirent de faire, pour poursuivre efficacement leur travail en Angleterre puis au Québec. Arrivant en Angleterre ils se mirent en relation avec les Anglais, ils ne purent pas travailler avec la France libre.

CONCLUSION :

Si le Général de Gaulle avait su, s'il avait été informé dès le début et tenu pleinement informé par la suite, cette dichotomie entre France et langue française se serait-elle installée, avec les résultats catastrophiques pour la langue française que l'on voit aujourd'hui ?

**APPORT DE LA BIOLOGIE MOLECULAIRE
A LA PRODUCTION DE PROTEINES D'INTERET PHARMACOLOGIQUE
ET LA CONCEPTION DE MODELES CELLULAIRES ***

Gérard SIEST, Thierry OSTER, Athanase VISVIKIS,
Christine THIOUDELLET, Maria WELLMAN, Sylvie FOURNEL-GIGLEUX,
Jacques MAGDALOU et Anne-Marie BATT

Centre du Médicament, URA CNRS 597,
Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, 30 rue Lionnois, 54000 NANCY.

INTRODUCTION

Les méthodes de biologie moléculaire et biologie cellulaire sont maintenant d'un usage courant dans les laboratoires de recherche pour la production de peptides et de protéines d'intérêt thérapeutique ou la création d'outils pour étudier, par exemple, le métabolisme des médicaments. C'est sous ce double aspect que nous envisagerons ces méthodes illustrées à l'aide des réalisations du Centre du Médicament.

Actuellement, plus de 200 protéines et peptides d'intérêt thérapeutique dont les séquences codantes sont clonées, ont été produits par les méthodes de biologie moléculaire. Le plus connu de ces produits recombinants est l'insuline humaine, mais des molécules comme l'albumine, certaines protéines de coagulation, des facteurs de croissance et des interleukines ont été produites et sont soit déjà utilisées en thérapeutique, soit en cours d'essais cliniques. Leur utilisation a connu un succès tardif en raison des coûts de fabrication et des problèmes spécifiques posés par ces molécules, problèmes qui se sont révélés très délicats à maîtriser.

Certaines protéines et enzymes sont également utilisées dans les laboratoires d'analyses médicales soit comme réactif, soit comme matériel de référence afin de standardiser les mesures effectuées dans les différents laboratoires à l'échelon mondial. En effet, ces mesures doivent être reproductibles d'un laboratoire à un autre et au sein d'un même laboratoire pendant une longue période de temps.

Auparavant, la plupart de ces protéines d'intérêt pharmacologique ou biologique étaient obtenues après purification à partir de tissus animaux ou humains. Des problèmes plus récents liés à la possible contamination par des virus comme celui du SIDA ou celui de l'hépatite,

ainsi que la limitation de l'utilisation des tissus humains pour raison éthique ont encore renforcé l'intérêt d'utiliser les méthodes de biologie moléculaire et de biologie cellulaire pour produire ces protéines.

Enfin, lorsque l'on veut étudier le métabolisme d'un médicament et savoir quelle est précisément l'enzyme qui est chargée de sa biotransformation, il est souvent plus simple de disposer d'une batterie de cellules transfectées contenant chacune une enzyme spécifique (1). Là encore, les méthodes de biologie moléculaire ont largement contribué à produire des outils aujourd'hui très performants et qui non seulement permettent de reproduire *in vitro*, de façon stable et à niveau constant, chaque étape du métabolisme d'une substance médicamenteuse, mais aussi présentent l'intérêt analytique de décortiquer les différentes étapes du métabolisme et de ne considérer qu'une étape isolée, au contraire d'une cellule comme l'hépatocyte dans laquelle de nombreuses enzymes sont présentes. Ces cellules transfectées ont également permis de réduire le nombre d'animaux utilisés au cours des essais toxicologiques ou pré-cliniques.

Nous décrirons rapidement ces 2 approches.

I. STRATEGIE POUR LA PRODUCTION DE PROTEINES

La biosynthèse d'une protéine hétérologue dans une cellule-hôte se déroule en plusieurs étapes qui doivent correspondre à celles qui se produisent normalement dans les cellules originales.

Les stratégies d'expression des protéines doivent également permettre d'obtenir une protéine recombinante la plus proche possible de la protéine naturelle et particulièrement en ce qui concerne ses propriétés physicochimiques, catalytiques et immunologiques.

La figure 1 résume les différentes possibilités actuelles de production d'une protéine. Pour une production maximale de la protéine désirée, il est nécessaire d'optimiser le système d'expression à utiliser. C'est ainsi que seront essentiels les choix concernant :

- la cellule-hôte (une bactérie, une levure ou une cellule animale),
- le vecteur d'expression dans lequel est introduit le gène ou l'ADN complémentaire correspondant à la protéine à produire,
- le promoteur qui régulera le niveau d'expression de cette protéine.

La figure 2 résume la stratégie habituellement utilisée au laboratoire. Le choix de la cellule-hôte est dicté en considérant deux critères essentiels :

Différents moyens de production de protéines

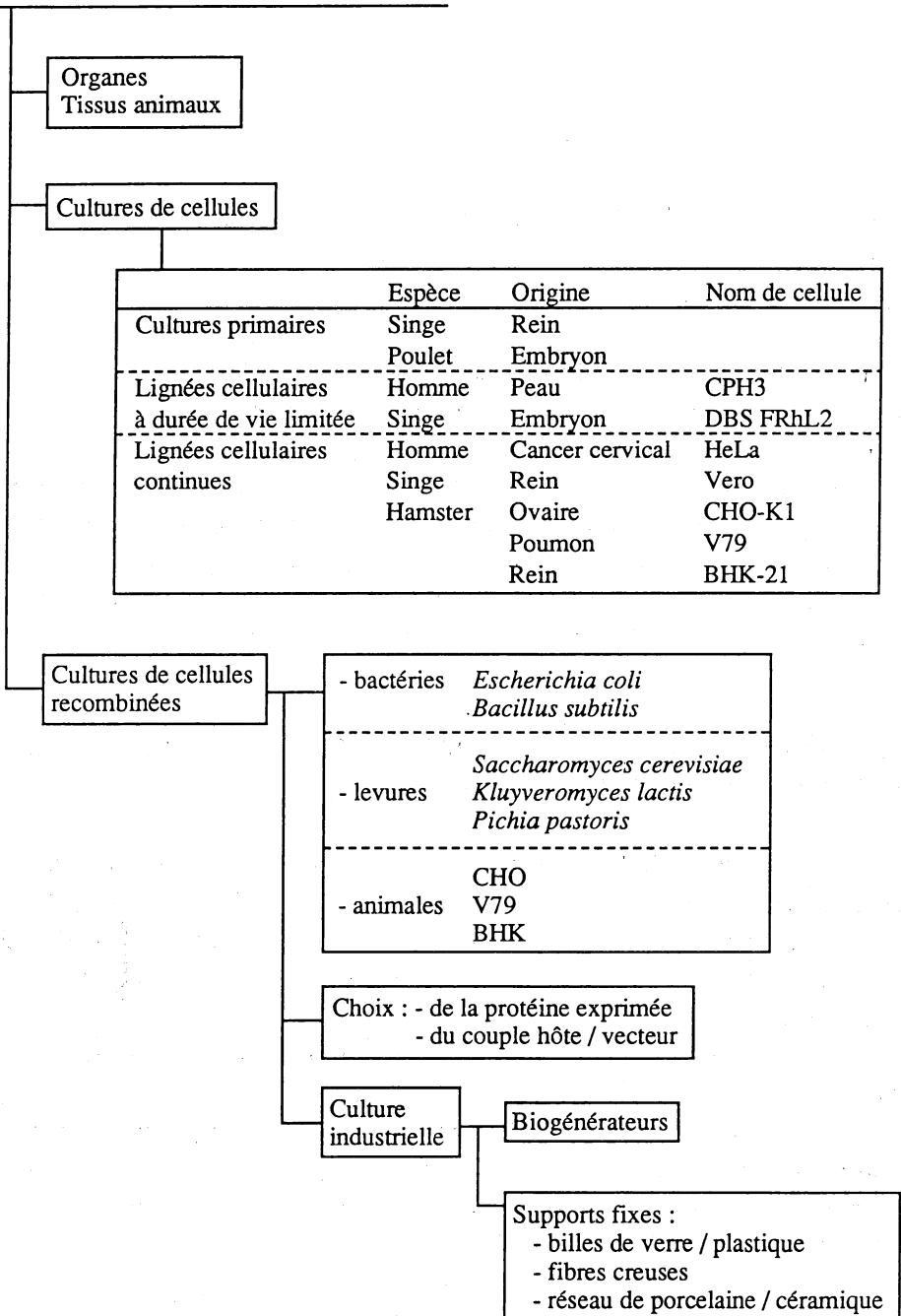


Figure 1. Les différents moyens de production de protéines

- les possibilités offertes par la cellule de modifier la protéine après sa traduction (glycosylation, carboxylation, clivage protéolytique), sachant que seules les cellules animales et en partie la levure sont capables d'assurer une maturation convenable de la protéine,
- des critères économiques, sachant qu'une culture à grande échelle d'*Escherichia coli* est moins onéreuse que s'il s'agit de cellules animales, lesquelles croissent lentement et nécessitent des milieux complexes et coûteux.

Nous avons récemment décrit en détail toutes les étapes nécessaires pour la production de l'enzyme gamma-glutamyl transférase dans ces différents systèmes (2). Nous avons également discuté les intérêts comparatifs de chacun d'eux.

Le tableau 1 rassemble les résultats obtenus avec les différents systèmes d'expression. Nous remarquons que les enzymes humaines obtenues dans les cellules animales comme V79 ou CHO résultent de l'expression élevée d'une protéine glycosylée et correctement maturée. Préalablement à l'utilisation thérapeutique d'une telle protéine, de nombreuses vérifications sont nécessaires après purification, notamment s'assurer de l'absence de contaminations dérivées des processus biotechnologiques, en particulier de l'ADN contaminant, de particules virales, de protéines issues des milieux de cultures, etc... Toujours est-il que cette stratégie a déjà permis de mettre sur le marché plus de 10 protéines à usage thérapeutique.

II BIOLOGIE MOLECULAIRE ET MODELES CELLULAIRES D'ETUDE DES INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES

L'objectif essentiel réside dans la prévision du mode d'action ou du métabolisme des xénobiotiques (médicaments, produits chimiques, produits agro-alimentaires) chez l'homme. L'industrie pharmaceutique, chimique ou agro-alimentaire est "cliente" de telles méthodes pour des raisons à la fois scientifiques et réglementaires.

La demande de l'industrie porte :

- . sur la question : Quelles sont les biotransformations subies par une substance donnée ?

- . sur des méthodes et des modèles bien caractérisés et validés qui permettent de répondre à cette question.

Les réponses à apporter supposent la connaissance fondamentale des propriétés des enzymes responsables et des cellules qui les contiennent.

Les méthodes *in vitro* connaissent actuellement un développement prodigieux. Ces méthodes permettent la diminution du nombre d'animaux utilisés dans les laboratoires et, à ce titre, ont la faveur du public. D'un point de vue scientifique, les modèles cellulaires permettent de

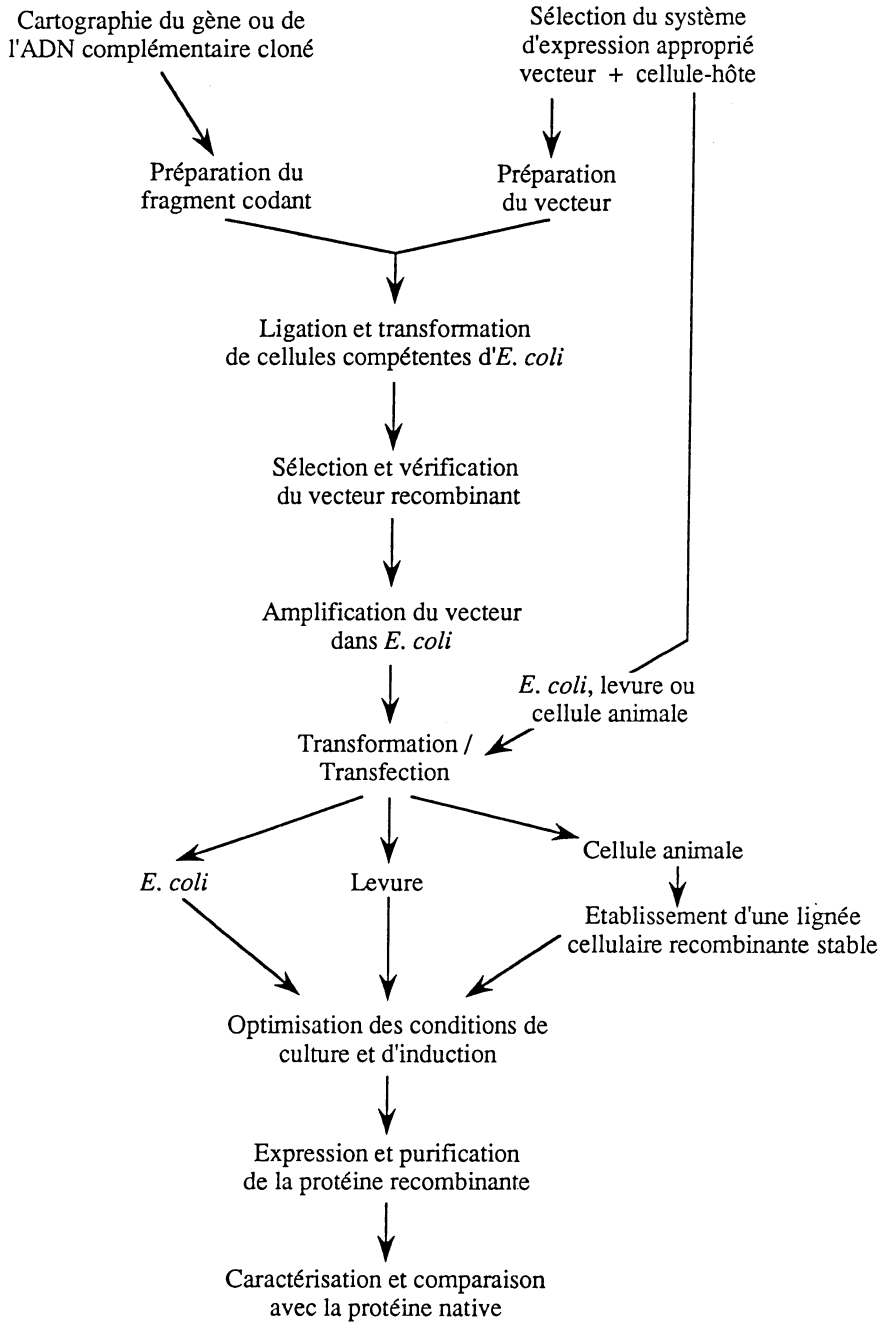


Figure 2. Stratégie de production d'une protéine recombinante

Tableau 1. Production de gamma-glutamyl transférase dans différents systèmes d'expression

Origine	Activité spécifique (U/mg protéines)	Structure de la protéine	Propriétés catalytiques
Cellules <i>E. coli</i> transformées	0,06	Une seule chaîne non glycosylée	ND
Cellules <i>S. cerevisiae</i> transformées	0,25	Deux polypeptides glycosylés	ND
Cellules Hep G2 (hépatome humain)	0,09	Une seule chaîne hyper-glycosylée	K_{mD} : 0,9 mM K_{mA} : 10,8 mM pH_{opt} : 8,1
Cellules PLC/PRF/5 (hépatome humain)	0,075	Deux sous-unités très glycosylées	ND
Cellules V79 transfectées (poumon de hamster chinois)	2 > 8 a	Deux sous-unités très glycosylées	K_{mD} : 0,9 mM K_{mA} : 7,5 mM pH_{opt} : 8,1
Transfected CHO cells (fibroblastes de souris)	2 > 6 a	Deux sous-unités glycosylées	ND

ND : non déterminées. a Activité mesurée dans des cellules cultivées en boîte de Pétri en présence de butyrate de sodium. K_{mD} et K_{mA} sont les constantes apparentes d'affinité pour les substrats standards donneur (γ -glutamyl-3-carboxy-4-nitroanilide) et accepteur (glycyl-glycine). Les valeurs de K_m et pH_{opt} représentent la moyenne de deux ou trois déterminations indépendantes dans les extraits cellulaires.

travailler sur un type cellulaire dans des conditions expérimentales rigoureuses. Ces dernières années ont apporté de nombreux progrès notamment en ce qui concerne les milieux et supports de culture, la conservation des propriétés des cellules cultivées (différenciation), la congélation-décongélation des cellules. Les manipulations génétiques des cellules ont permis d'y exprimer les enzymes essentielles du métabolisme des médicaments et autres substances étrangères à l'organisme, en préservant l'identité des enzymes humaines. Ces systèmes modèles expérimentaux permettent ainsi une prévision de biotransformations qui surviendront chez l'Homme, dans des conditions expérimentales parfaitement conformes à l'éthique.

L'industrie pharmaceutique s'interroge via des groupes associatifs de consensus (par exemple, le Groupe Métabolisme et Pharmacocinétique (GMP) en France et Hepatocyte Users Group (HUG), pour la Communauté Européenne) sur la place des modèles de métabolisme *in vitro* dans la stratégie de recherche et de développement d'un médicament. Nous avons nous-mêmes exposé notre point de vue dans la revue Biofutur (1). La place de ces modèles passe par la définition de leurs critères de validation. Pour les seuls modèles cellulaires, quelques critères de validation sont les équipements enzymatiques des cellules (par exemple, les substrats de référence et l'utilisation des anticorps spécifiques des enzymes concernées), les facteurs de régulation des enzymes (par exemple, leur inductibilité) ou la régulation de la croissance cellulaire, la perméabilité des membranes cellulaires, les conditions de culture, les conditions de conservation, congélation, décongélation des cellules, validation aussi des différences inter-espèces animales, spécialement comparées au métabolisme chez l'homme. Cette liste, non exhaustive, indique l'ampleur des tâches à accomplir.

Les modèles employés actuellement pour les études de métabolisme sont essentiellement des cellules hépatiques (hépatocytes), les plus riches en systèmes de métabolisme des substances étrangères à l'organisme, mais certains tissus extrahépatiques sont aussi un sujet de réflexion et de projets dans les disciplines du développement des médicaments. Là encore, des cellules transformées par des séquences d'ADN codant pour les enzymes ou protéines d'intérêt pharmacologique deviennent des outils très intéressants.

Retombées économiques et aspects industriels :

La disponibilité de modèles cellulaires de métabolisme peut permettre d'assurer des services pour l'industrie, par exemple :

- . d'effectuer des études à façon des voies métaboliques d'une substance donnée,
- . de fournir des modèles caractérisés et validés,
- . et enfin de développer des systèmes de détoxication extra-corporel.

Les mêmes cellules précédemment décrites (tableau 3) contenant la gamma-glutamyl transférase humaine peuvent devenir de tels outils intéressants pour étudier par exemple, le métabolisme et la toxicité de médicaments liés au glutathion. Ce tripeptide est un protecteur naturel et la gamma-glutamyl transférase est l'une des enzymes influant sur son taux intracellulaire.

Au laboratoire, d'autres enzymes ont été introduites dans des cellules de type V79, en particulier les UDP-glucuronosyltransférases. Ces outils cellulaires servent actuellement à étudier le risque de toxicité des médicaments ayant une structure carboxylique, par exemple les anti-inflammatoires non stéroïdiens.

En résumé, les méthodes de biologie moléculaire et biologie cellulaire sont largement entrées dans la pratique courante des laboratoires de recherche. Au Centre du Médicament, nous avons ainsi déjà produit par ces méthodes 5 protéines différentes, soit d'intérêt thérapeutique, soit d'intérêt en biologie clinique, soit enfin pour créer les outils permettant d'étudier certaines étapes du métabolisme.

Nous tenons à remercier, en dehors de l'Université et du CNRS qui nous apportent les moyens de base pour cette recherche, l'INSERM (CRE n°920308), la Région Lorraine et le District de Nancy à travers l'Institut de Biotechnologies de Nancy, la Fondation pour la Recherche Médicale, l'Association pour la Recherche sur le Cancer et la Ligue contre le Cancer, sans l'aide desquelles ces travaux n'auraient pu être réalisés.

BIBLIOGRAPHIE

1. SIEST, G., OSTER, T., VISVIKIS, A., THIOUDELLET, C., ANGELE, C., SCHIELE, F. and WELLMAN, M. (1993) Application of gene transfer technologies to the production of enzyme reference materials: example of γ -glutamyltransferase. *Clinical Chemistry* (sous presse) .
2. SIEST, G., BATT, A-M., MAGDALOU, J., FOURNEL-GIGLEUX, S. et GALTEAU, M-M. (1990) Les enzymes du métabolisme : cibles et outils pour la découverte de médicaments. *Biofutur*, Juillet/Août, 36-41.

(A)-Summary

Modern drugs are now very often based on research linked to the knowledge of biochemical and cellular targets. Knowing better these targets, it is necessary to develop new methods for the identification and production in enough quantities of the most important targets. That is what the researchers and technicians of the Centre du Médicament have developed over the last years.

Two examples are used for demonstrating this new approach :

- firstly, the production of γ -glutamyltransferase - an important enzyme in pharmacology on toxicology in man

- and secondly, the use and development of cellular models containing only one specific drug metabolizing enzyme for being a tool during the different steps of the evaluation of new molecules susceptible to becoming drugs.

*. Bulletin des Académie et Société Lorraines des Sciences: 1993, 32, n°2

L'eau: vers un potentiel intermoléculaire précis*

Claude Millot

Université de Nancy I, Laboratoire de Chimie Théorique, Vandoeuvre-lès-Nancy

Introduction

Cette communication est consacrée à un rapide rappel des différentes approches qui ont été utilisées pour aborder l'étude des interactions entre molécules d'eau sous forme de dimère, d'ensemble de quelques molécules ou de phase condensée (liquide ou solide), et un nouveau potentiel intermoléculaire pour l'eau obtenu par des calculs *ab initio* sur le dimère [1] sera ensuite décrit. Le grand nombre de travaux consacrés à ce problème est amplement justifié par l'intérêt de l'eau en tant que telle, en raison de ses propriétés tout à fait remarquables liées à l'existence de liaisons hydrogène, et aussi en tant que solvant pour la chimie et la biologie. Il importe donc d'avoir une idée aussi précise que possible des interactions entre molécules d'eau. L'accroissement spectaculaire de la puissance des ordinateurs au cours des dernières décennies a permis d'effectuer des calculs de plus en plus précis de l'énergie d'interaction du dimère de l'eau par la chimie théorique mais aussi de reproduire le comportement de l'eau liquide ou de la glace par des simulations de dynamique moléculaire ou de type Monte Carlo.

Rappel des études antérieures sur le potentiel intermoléculaire de l'eau

Le premier potentiel intermoléculaire de l'eau fut publié en 1933 par Bernal et Fowler [2]. Dans ce modèle, l'interaction électrostatique est modélisée par une charge électrique sur chaque atome. Les énergies de répulsion et de dispersion du dimère sont représentées par des termes en A/r^{12} et $-C/r^6$, où r est la distance entre les deux oxygènes. Les paramètres du potentiel sont ajustés (plus ou moins empiriquement) de manière à reproduire approximativement le moment dipolaire

*. Note présentée par M. le Pr. J. FLECHON à la séance du 09 janvier 1992.

de la molécule et certaines propriétés de la glace. Plus tard, de nombreux potentiels intermoléculaires de ce type ont été élaborés [3], et testés par simulation de l'eau liquide et de la glace.

Avec les progrès de la chimie théorique, sont apparus des potentiels intermoléculaires de l'eau, calibrés sur des calculs *ab initio* de l'énergie d'interaction du dimère comme ceux du groupe de Clementi [4]. Tous ces potentiels [2-4] ont en commun d'être des potentiels de paire effectifs, qui tentent de reproduire en moyenne (par une paramétrisation appropriée du potentiel de paire) les effets dûs aux interactions à plus de deux corps (comme par exemple l'induction). Si ces potentiels sont la plupart du temps capables de reproduire de manière satisfaisante certaines propriétés de l'eau liquide à température ambiante (structure du liquide, énergie de cohésion, coefficient de diffusion), il est beaucoup plus difficile de décrire correctement les propriétés diélectriques ou l'évolution des propriétés du liquide en fonction de la température. A l'heure actuelle, force est de constater qu'aucun des potentiels de paire effectifs publiés ne semble capable de reproduire correctement l'ensemble des propriétés structurales, thermodynamiques, diélectriques et dynamiques de l'eau dans une large gamme de température et de pression. La plupart du temps, les mauvaises performances de ces potentiels sont imputées à l'absence d'un traitement correct de l'induction et plusieurs potentiels intermoléculaires d'eau polarisable ont été récemment publiés [5]. Cette démarche est justifiée par le fait que l'induction représente la contribution prépondérante à l'effet à n corps. Néanmoins, de récents calculs *ab initio* sur le dimère de l'eau laissent à penser que l'échec des potentiels intermoléculaires est aussi lié à une description trop peu précise des différentes composantes de l'énergie d'interaction (électrostatique, répulsion à courte distance, dispersion, induction). Cet état des choses nous a conduit à l'élaboration d'un nouveau potentiel intermoléculaire d'eau polarisable.

Description d'un nouveau potentiel intermoléculaire de l'eau polarisable

Ce potentiel a été obtenu à partir de calculs de perturbation *ab initio* de l'énergie d'interaction du dimère et chaque terme énergétique a été ajusté à une forme analytique appropriée. La géométrie de chaque molécule est fixe et correspond à la géométrie expérimentale (liaison $OH = 0,957 \text{ \AA}$, angle de valence $HOH = 104,5^\circ$). Ce travail repose sur les travaux de A.J. Stone dans le domaine des

interactions intermoléculaires par les méthodes *ab initio* de la chimie théorique [6].

L'énergie d'interaction du dimère est décomposée en quatre termes:

– l'énergie électrostatique (attractive ou répulsive). C'est l'interaction coulombienne entre les distributions de charges des deux molécules. Cette interaction est modélisée par une distribution de multipôles localisés sur les atomes. L'analyse des calculs *ab initio* montre qu'une représentation très précise de l'énergie électrostatique nécessite de placer sur chaque atome un ensemble de multipôles allant jusqu'à l'octupôle. Le modèle qui a été retenu pour la paramétrisation du potentiel se limite à une charge, un dipôle et quadrupôle sur l'oxygène et une charge et un dipôle sur l'hydrogène et s'est avéré être d'une précision tout à fait acceptable.

– l'énergie de répulsion à courte distance (répulsive). Ce terme est en fait la somme de trois contributions d'origines différentes: l'énergie de répulsion proprement dite, due au fait que deux électrons de même spin ne peuvent pas occuper la même position dans l'espace; l'énergie d'échange, due à l'échange possible des électrons des deux molécules; et l'énergie de pénétration, terme électrostatique provenant du fait qu'à courte distance (lorsque les fonctions des deux molécules se recouvrent) le développement multipolaire n'est plus valable. Ce terme de répulsion à courte distance est représenté par une somme d'interactions entre paires d'atomes. Chaque interaction atome-atome décroît exponentiellement avec la distance entre ces atomes et dépend de l'orientation relative des deux molécules, ce qui revient à considérer une certaine anisotropie atomique. Les paramètres du potentiel sont ajustés à l'aide des calculs *ab initio* sur le dimère.

– l'induction. Ce terme provient de la déformation du nuage électronique de chaque molécule sous l'effet d'un champ électrique extérieur. Dans notre potentiel, ce terme est simulé au moyen des polarisabilités dipolaires et quadrupolaires de la molécule.

– la dispersion. Cette interaction, d'origine quantique, décrit des interactions entre multipôles induits instantanés. Les coefficients de dispersion (moléculaires) de C_6 à C_{10} ont été trouvés dans la littérature, ils sont obtenus à partir des polarisabilités dépendant de la fréquence et résultent de calculs *ab initio* utilisant une base très étendue prenant en compte la corrélation électronique intramoléculaire. Ces coefficients de dispersion C_n dépendent de l'orientation relative des deux molécules.

Pour prendre en compte les effets d'échange et de recouvrement à courte distance, l'induction et la dispersion sont corrigées par une fonction d'amortissement empirique, calibrée à l'aide de calculs *ab initio*.

Par rapport aux potentiels publiés antérieurement, ce potentiel relativement

compliqué met l'accent sur le fait que l'interaction entre atomes des molécules d'eau présente une certaine anisotropie.

Expérimentalement la structure du dimère de l'eau la plus stable correspond au dimère linéaire représenté sur la figure 1, avec une distance oxygène - oxygène égal à 2,98 Å et les angles α et β valent $57 \pm 10^\circ$ et $-1 \pm 10^\circ$ respectivement. Le minimum global de l'énergie pour notre potentiel (distance oxygène - oxygène = 2,98 Å, $\alpha = 63^\circ$, $\beta = 0^\circ$) est en bon accord avec les résultats expérimentaux. L'énergie de liaison ($19,6 \text{ kJ.mole}^{-1}$) est sensiblement sous estimée par rapport à la valeur expérimentale ($22,6 \pm 2,9 \text{ kJ.mole}^{-1}$).

Le second coefficient du viriel (table 1) est en bon accord avec les résultats expérimentaux à haute température mais dévie progressivement vers des valeurs trop peu négatives à mesure que la température diminue. Ceci traduit le fait que ce potentiel intermoléculaire a un minimum (moyenné sur toutes les orientations relatives possibles des deux molécules) trop peu profond.

Il est envisagé de tester ce potentiel par des simulations de type Monte Carlo ou de dynamique moléculaire de l'eau liquide et de la glace; cependant il semblerait que la complexité de ce potentiel demande des temps de calculs extrêmement longs et un travail de simplification de ce potentiel (qui conserverait néanmoins ses qualités essentielles) est en cours.

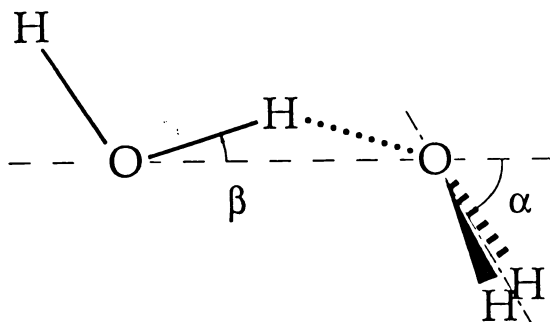


Figure 1. Géométrie expérimentale du dimère d'eau de plus basse énergie (Réf.[7]): distance O-O = 2,98 Å, $\alpha = 57 \pm 10^\circ$, $\beta = -1 \pm 10^\circ$.

T/K	Expérience (a)	Calcul (b)
423,2	-330 ⁸⁷	-287
448,2	-264	-240
473,2	-211	-202
573,2	-117,5	-116
673,2	-73,4	-72

Table 1. Second coefficient du viriel ($\text{cm}^3 \cdot \text{mole}^{-1}$) du dimère de l'eau en fonction de la température.

(a): résultat expérimental, Ref. [8]; (b): ce travail.

Références

- [1] C. Millot, A.J. Stone, en préparation.
- [2] J.D. Bernal, R.H. Fowler (1933) *J. Chem. Phys.*, **1**, 515.
- [3] J.S. Rowlinson (1949) *Trans. Faraday Soc.*, **45**, 974; J.S. Rowlinson (1951) *Trans. Faraday Soc.*, **47**, 120; A. Rahman, F.H. Stillinger (1971) *J. Chem. Phys.*, **55**, 3336; A. Ben-Naim, F.H. Stillinger (1972) in *Structure and Transport Processes in Water and Aqueous Solutions*, ed. R.A. Horne, Wiley Interscience, New York, p. 295; F.H. Stillinger, A. Rahman (1974) *J. Chem. Phys.*, **60**, 1545; H.J.C. Berendsen, J.P.M. Postma, W.F. van Gunsteren, J. Hermans (1981) in *Intermolecular Forces*, ed. B. Pullman, Reidel, Dordrecht, p. 331; W.L. Jorgensen (1981) *J. Amer. Chem. Soc.*, **103**, 335; W.L. Jorgensen, (1982) *J. Chem. Phys.*, **77**, 4156; W.L. Jorgensen, J. Chandrasekhar, J.D. Madura, R.W. Impey, M.L. Klein (1983) *J. Chem. Phys.*, **79**, 926; J.R. Reimers, R.O. Watts, M.L. Klein (1982) *Chem. Phys.*, **64**, 95; K. Heinzinger, P. Bopp, G. Jancsó (1986) *Acta Chim. Hung.*, **121**, 27.
- [4] E. Clementi, H. Popkie (1972) *J. Chem. Phys.*, **57**, 1077; H. Popkie, H. Kistenmacher, E. Clementi (1973) *J. Chem. Phys.*, **59**, 1325; H. Kistenmacher, G.C. Lie, H. Popkie, E. Clementi (1974) *J. Chem. Phys.*, **61**, 546; H. Kistenmacher, H. Popkie, E. Clementi, R.O. Watts (1974) *J. Chem. Phys.*, **60**, 4455; O. Matsuoka, E.

Clementi, M. Yoshimine (1976) *J. Chem. Phys.*, **64**, 1351; E. Clementi, P. Habitz (1983) *J. Phys. Chem.*, **87**, 2815; V. Carraveta, E. Clementi (1984) *J. Chem. Phys.*, **81**, 2646.

[5] P. Barnes, J.L. Finney, J.D. Nicholas, J.E. Quinn (1979) *Nature*, **282**, 459; J.A.C. Rullmann, P.Th. van Duijnen (1988) *Molec. Phys.*, **63**, 451; M. Sprik, M.L. Klein, (1988) *J. Chem. Phys.*, **89**, 7556; A. Wallqvist, P. Ahlström, G. Karlström (1990) *J. Phys. Chem.*, **94**, 1649; A. Wallqvist (1990) *Chem. Phys.*, **148**, 439; P. Cieplak, P. Kollman, T. Lybrand (1990) *J. Chem. Phys.*, **92**, 6755; U. Niesar, G. Corongiu, E. Clementi, G.R. Kneller, D.K. Bhattacharya (1990) *J. Phys. Chem.*, **94**, 7949.

[6] A.J. Stone, M. Alderton (1985) *Molec. Phys.*, **56**, 1047; A.J. Stone, S.L. Price (1988) *J. Phys. Chem.*, **92**, 3325; A.J. Stone, (1990) in *Modelling of Molecular Structures and Properties*, ed. J.L. Rivail, Elsevier Science Publishers BV., Amsterdam, p. 27; A.J. Stone (1991) in *Theoretical Models of Chemical Bonding, vol 4*, ed. Z.B. Maksic, Springer-Verlag, p.103; A.J. Stone (1978) *Molec. Phys.*, **36**, 241; A.J. Stone (1989) *Chem. Phys. Lett.*, **155**, 102; A.J. Stone (1989) *Chem. Phys. Lett.*, **155**, 111.

[7] L.A. Curtis, D.J.Frurip, M.Blander (1979) *J. Chem. Phys.*, **71**, 2703.

[8] G.S. Kell, G.E. McLaurin, E. Whalley (1968) *J. Chem. Phys.*, **48**, 3805.