
BULLETIN MENSUEL

DE LA

SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON

FONDEE EN 1822

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE PAR DECRET DU 9 AOUT 1937
des SOCIETES BOTANIQUE DE LYON, D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON
REUNIES
et de leurs GROUPES REGIONAUX : ROANNE, VALENCE, etc

Siège social et Secrétariat général : 33, rue Bossuet, Lyon (6^e)

La partie administrative se trouve au centre de ce Bulletin.

CENTRALES NUCLEAIRES ET ENVIRONNEMENT. MISE AU POINT

par Philippe LEBRETON

« Dans l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, l'utilisation de l'énergie nucléaire apparaît comme une nécessité inéluctable... »

Du point de vue si actuel de l'environnement, les centrales nucléaires sont propres : elles polluent beaucoup moins l'atmosphère que les autres, car elles n'émettent aucun gaz. »

Louis NÉEL, Prix Nobel de Physique.

« Les dangers associés à l'énergie de fission n'ont pas été suffisamment pris en considération... Même si des précautions extrêmes de sécurité sont prises, les très grandes quantités de matériaux radioactifs que contiennent les réacteurs constituent un danger permanent... Dans un programme de fission conduit à grande échelle, les déchets radioactifs deviendront rapidement si importants que l'empoisonnement total de notre planète est possible. »

Hannes ALFVEN, Prix Nobel de Physique.

1. LA RADIOACTIVITE.

Il ne saurait être question de détailler ici des données fondamentales que le lecteur est susceptible de trouver dans de nombreux ouvrages ; rappelons seulement les principales caractéristiques du phénomène :

— un atome dit radioactif se désintègre spontanément en émettant dans son environnement des *particules* : α (noyaux d'Hélium), β (électrons) ou γ (photons très pénétrants) ;

— la radioactivité d'un échantillon décroît exponentiellement en fonction du temps ; cette décroissance est caractérisée par la notion de *période* ou *demi-vie*, laps de temps (constant) permettant la désintégration de la moitié des atomes initialement présents. La radioactivité d'un échantillon ne s'annule donc jamais totalement mais se contente de tendre vers zéro ; il faut ainsi 10 périodes pour atteindre un millième de la radioactivité initiale ;

— le Curie (Ci) est l'unité permettant de chiffrer la radioactivité d'un échantillon ; un Ci correspond à 37 milliards de désintégrations par seconde, radioactivité (élevée) présentée par un gramme de Radium. En pratique, les quantités de radioéléments manipulées dans les laboratoires de recherche ou médicaux sont de l'ordre de quelques microCi (millionnièmes de Ci), tandis que celles résultant de l'explosion d'une bombe ou du fonctionnement d'une centrale nucléaire sont de l'ordre du MégaCi (million de Ci) ;

— les particules émises (γ notamment) sont d'autant plus absorbées par un matériau interposé, que celui-ci est épais et (ou) dense ; cette absorption obéit à une loi de caractère exponentiel, caractérisée par la notion d'épaisseur-moitié ou demi-parcours ; 20 cm de béton, soit

3,3 épaisseurs-moitié, laissent encore passer 10 % du rayonnement γ du Cobalt 60 ;

— un autre moyen de réduire la quantité de rayonnement reçu par un matériau (par exemple un organisme) consiste à éloigner source et récepteur ; la quantité de radiation reçue obéit à la loi dite de l'inverse-carré de la distance, c'est-à-dire que doubler celle-ci conduit à diviser le nombre de particules reçues non par 2 mais par 4, etc. ;

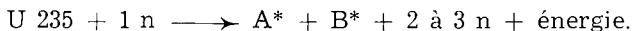
— des unités ont été définies pour chiffrer la quantité de radiations absorbées par un récepteur ; le Roentgen s'applique plutôt aux rayons X, (rayonnements intermédiaires entre photons U.V. et rayons γ , produits par freinage d'électrons) ; le RAD et le REM (Roentgen Equivalent Man) sont de portée plus générale. Plutôt que de donner ici une définition physique exacte de ces unités, mieux vaut en chiffrer l'ordre de grandeur biologique : la dose annuellement délivrée par l'environnement naturel est de 0,15 REM, celle résultant d'une radioscopie de l'ordre de 2 REM. Une source de 100 milliCi de Cobalt 60 (émetteur γ) délivre en un jour à un mètre de distance une dose de 3,1 REM.

2. LA FISSION NUCLEAIRE.

Tant que l'homme se contenta de concentrer la radioactivité naturelle (comme par l'extraction du radium) ou d'en provoquer physiquement l'équivalent ionisant (avec les rayons X), le problème resta limité et relativement académique.

Mais en « bombardant » divers atomes à l'aide de particules, des physiciens allaient provoquer la naissance de composés radioactifs jusqu'alors inconnus. 1939 vit le couronnement de ces recherches lorsque plusieurs auteurs démontrèrent que, sous l'action de neutrons (particules de masse unitaire dépourvues de charge électrique) l'atome d'Uranium subissait une *fission*, cassure du tuyau produisant plusieurs atomes de masse évidemment inférieure, tous radioactifs.

De plus, cette réaction de fission nucléaire de l'Uranium produisant plus de neutrons qu'elle n'en consomme, il est possible de l'auto-entretenir, d'où l'idée de *réaction en chaîne* ; dans le même temps une quantité importante d'énergie est libérée. On peut écrire :



Bien que tout un mélange de *radioéléments artificiels* soit libéré dans cette réaction, il est d'usage de symboliser la coupure par l'apparition de deux fragments A* et B* correspondant aux deux zones de masse dites privilégiées engendrées par la fission ; la première se situe vers les masses 90 et comporte donc entre autres le Strontium 90, l'autre vers les masses 140 dont le Césium 137.

Dans le but de déclencher la réaction tout en la contrôlant, les physiciens réalisèrent alors des « piles atomiques » (on parle aujourd'hui plutôt de réacteurs nucléaires) ; la première fut construite en 1942 et permit de donner naissance à la force nucléaire américaine, employée en 1945 contre le Japon.

Tel qu'il existe naturellement, l'Uranium ne se prête pas au mieux à la réaction précitée, base commune des bombes et réacteurs nucléaires : sa teneur en U 235 « fissile » est en effet limitée à 0,7 %, le

reste étant essentiellement constitué d'U 238. De plus les neutrons libérés par la réaction sont trop « rapides » pour pouvoir bombarder efficacement les atomes d'U 235 voisins et il convient de les ralentir à cet effet¹ ; on utilise dans ce but des substances comme l'eau lourde ou le graphite.

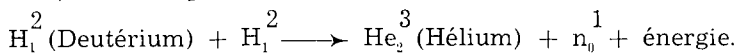
Compte tenu de la « géométrie » du dispositif, soit en pratique du rapport existant entre le nombre de neutrons se dirigeant vers l'extérieur, donc perdus, et le nombre de neutrons se dirigeant vers le cœur du réacteur, donc contribuant à entretenir la fission, on conçoit qu'il existe un volume minimal ou, comme on dit, une *masse critique* en deçà de laquelle le bilan neutronique est insuffisant à nourrir la réaction ; elle atteint plusieurs dizaines de tonnes pour l'Uranium naturel, pauvre en U 235 fissile.

L'idée vient donc d'éliminer de l'Uranium naturel tout l'isotope « inutile », dans le but de réduire la masse critique et de concentrer la puissance de fission. Divers procédés (spectrométrie de masse, diffusion gazeuse à travers des barrières microporeuses, ultracentrifugation) peuvent être employés, s'exerçant sur des dérivés fluorés de l'Uranium, volatils.

La masse critique de l'Uranium 235 pur est de l'ordre de 10 kilogrammes seulement et le rapprochement soudain de deux (ou plusieurs) « sous-masses critiques » provoque alors la réaction en chaîne qui, en quelques microsecondes, libère la puissance de fission : c'est la bombe atomique sous la version Hiroshima.

Mais une autre voie permet d'arriver au même résultat guerrier : sous l'action des neutrons rapides, l'Uranium 238 jusqu'alors inintéressant donne naissance à un *radioélément artificiel*, le Plutonium 239. Celui-ci, outre une toxicité chimique très élevée (la dose mortelle pour un homme est inférieure à un millionième de gramme), présente en effet la même propriété de fission que l'U 235 : c'est la bombe atomique version Nagasaki, principe adopté par la France pour sa force de frappe, en l'absence de procédés efficaces d'enrichissement de l'Uranium, tels ceux actuellement étudiés à Pierrelatte.

Citons enfin la forme la plus « élaborée » de la puissance nucléaire, basée non pas sur la fission d'atomes lourds, mais, bien au contraire sur la fusion d'atomes légers ; il ne s'agit pas moins que de répéter sur terre les réactions de l'énergie solaire, connues sous le nom de cycle de BETHE ; elles comprennent entre autres :



Le fait peut surprendre mais la réaction correspondant à une perte de masse, celle-ci, conformément à la célèbre équation d'EINSTEIN ($E = mc^2$), se voit convertie en rayonnement et chaleur.

Bien que l'énergie dissipée par une bombe A soit déjà énorme au regard de l'arsenal « conventionnel », la bombe H représente un nouveau

1. Non ralentis, les neutrons présentent une plus grande affinité pour l'isotope U 238, favorisant ainsi la formation de Plutonium 239. C'est le principe adopté pour les « piles couveuses » (voir ci-après) ou pour l'emploi d'un réacteur à des fins militaires.

bond en avant chiffrable par un facteur 100 environ. La bombe de Hiroshima constituait déjà l'équivalent de 20 000 tonnes de T.N.T. (Tri-Nitro-Toluène, ou Tolite, explosif de référence), correspondant en unités énergétiques à $8,5 \cdot 10^{13}$ Joules, soit $2 \cdot 10^{10}$ Kcalories, soit encore 23 millions de KWh.

Avec les bombes A perfectionnées (par exemple bombes françaises) est obtenue une puissance de plusieurs centaines de kilotonnes ; avec la bombe H, la Mégatonne (million de tonnes de T.N.T.) est atteinte, les super-bombes russes et américaines développant 50 Mégatonnes environ (soit $2,10 \cdot 10^{17}$ Joules, soit 40 % de la consommation électrique française de l'année 1970...).

Si le danger immédiat (radiations, chaleur, souffle) d'une explosion nucléaire est évident, on sous-estima pendant des années un autre danger, plus insidieux mais tout aussi réel, celui des « retombées » radioactives, c'est-à-dire du retour au sol des produits de fission entraînés dans la haute atmosphère au moment de l'explosion.

Le radioélément le plus important des retombées nucléaires est le Strontium 90, tant en raison de son abondance que de sa période (28 ans) et de sa destinée biologique. Le Strontium est en effet un élément-frère du Calcium mimant ce dernier dans tous les organismes vivants où il pénètre : chez l'homme, il est ainsi incorporé dans l'hydroxy-apatite, minéral osseux essentiel, d'où, au cœur de la place, il émet ses rayonnements bêta sur la moelle osseuse à qui revient une part importante de la fonction hématopoïétique (c'est-à-dire de formation des éléments du sang). Il en résulte évidemment des risques de leucémie.

Avec ce radioélément, l'Ecologie allait faire une entrée en force dans le domaine nucléaire, rappelant (ou enseignant) que les êtres vivants, dont l'Homme, sont interreliés par des chaînes alimentaires dont nous précisons plus loin le mécanisme mais qui, dans le cas présent, relèvent de la filière : Explosion \longrightarrow Eaux de pluie \longrightarrow Herbe \longrightarrow Vache \longrightarrow Consommateurs de lait (veaux, mais aussi enfants) et de ses dérivés (fromages, glaces, etc.).

Citons quelques chiffres à ce propos : une explosion d'une Mégatonne provoque la dissémination de 100 000 Ci de Strontium 90 (sans parler des Césium, Tritium, Carbone, etc.) ; l'ensemble des explosions survenues avant 1959 a dégagé près de 10 millions de Ci de ce seul élément, une quantité équivalente étant due aux essais repris (U.S.A. et U.R.S.S.) en 1961 et 1962.

Face à ses prévisions de 1956 (7 milliCi de Sr 90/mille carré), la Commission Américaine de l'Energie Atomique devait reconnaître que les retombées réelles enregistrées aux Etats-Unis étaient 7 fois plus élevées ; à St-Louis, en juillet 1958, le lait contenait $1,9 \cdot 10^{-5}$ microCi de Sr 90/litre (limite admise : 8 puis $3 \cdot 10^{-5}$ microCi/litre, dépassée dans le Dakota du Nord). Une vaste campagne, « Baby Tooth Survey », destinée à doser le radioStrontium dans 200 000 dents de lait de jeunes Américains, permettait enfin de prouver le bien-fondé de la position des opposants aux essais nucléaires aériens.

(A suivre).