

LES ECHOS DE SAINT-MAURICE

Edition numérique

Henri MICHELET

Radiations nucléaires et environnement

Dans *Echos de Saint-Maurice*, 1975, tome 71, p. 308-316

© Abbaye de Saint-Maurice 2013

Radiations nucléaires et environnement

Le développement technologique et la poussée démographique de notre civilisation ont engendré des pollutions et des nuisances de toutes sortes.

L'alerte a été donnée : les habitants de notre planète pourraient mourir d'asphyxie ou d'empoisonnement. Cette menace a déterminé, dans nombre d'États, la mise en place de services nouveaux chargés de protéger et d'organiser l'espace vital de l'homme.

Aménagement, écologie et environnement font désormais partie des mots « mythiques » dont notre siècle use et abuse, les détournant souvent de leur véritable sens.

Alerte au « nucléaire »

Parmi les facteurs susceptibles de détériorer notre environnement, le « nucléaire » apparaît aujourd'hui comme le plus terrifiant.

Deux raisons principales expliquent la sensibilisation des esprits à son sujet. Ces fameux rayonnements émis par l'atome, on ne les voit pas, on ne les sent pas et on ne connaît pas très bien leurs effets sur l'organisme. D'autre part, l'énergie nucléaire demeure, aux yeux du public, comme génératrice de la plus destructive des machines de guerre : la bombe atomique.

Trente ans après l'événement, Hiroshima et Nagasaki éveillent des visions d'horreur et de destruction. Les romans et les films d'anticipation aggravent encore de tels sentiments de frayeur par la description de cataclysmes nucléaires. A tel point que la question se pose un peu partout : les centrales nucléaires vont-elles mettre en péril notre environnement ?

Une connaissance élémentaire des propriétés radioactives de la matière nous permettra de mieux juger de ce problème.

Des radiations mystérieuses

Comprendre la radioactivité n'est pas chose aisée pour le profane. Mieux que toute définition scientifique, la narration de sa découverte et l'énumération de ses propriétés nous initieront à ce phénomène.

La première observation de radiations mystérieuses émises par certaines matières a déjà quatre-vingts ans. Elle est l'œuvre de Guillaume Röntgen, professeur à l'Université de Wurtzbourg. Le savant allemand étudiait les propriétés du courant électrique à travers une ampoule de verre qui ne contenait plus que des traces d'air. Une constatation retient un jour son attention : lorsque ces courants, dénommés rayons cathodiques, rencontrent un obstacle, ils engendrent des radiations d'une nature qui lui est inconnue. Le 8 mars 1895, Röntgen plaçant sa main entre l'ampoule de verre et un écran fluorescent voit nettement projetée sur celui-ci l'ombre de ses os. Il venait de découvrir les rayons X qui allaient rendre de si grands services à la médecine. Mais en même temps qu'ils traversent la matière, ces rayons détruisent peu à peu les cellules vivantes. Aussi, Röntgen et ses assistants payent-ils leur tribut à la science. Faute de précaution les protégeant contre ces radiations, ils subissent des brûlures graves qui les marquent pour la vie.

Apprenant la découverte de Röntgen, le savant français Henri Becquerel entend d'expérimenter si les minerais de pechblende, formés d'oxyde d'uranium, ne produisent pas des radiations semblables. Pour réaliser son expérience, il fixe quelques cristaux de sel d'uranium sur un châssis opaque contenant une plaque photographique enveloppée dans du papier. Le 26 février 1896, il constate que, même dans l'obscurité absolue, l'uranium dégage une radiation capable d'impressionner la plaque sensible.

Guidés par cette piste, Becquerel, Pierre et Marie Curie, Rutherford et bien d'autres savants étudient avec acharnement la nature de ces radiations. Ils établissent d'abord que certains éléments, formés d'atomes lourds — le radium, le polonium, l'uranium, le thorium et l'actinium — ne sont pas stables. Ainsi, chaque seconde, il y a dans un gramme de radium, 37 milliards d'atomes qui se brisent. Chacun d'eux, en éclatant, subit une série de transformations qui aboutit à du plomb ; il projette aussi durant cette évolution trois sortes de rayonnements :

a) des rayons alpha constitués par des noyaux d'hélium. Ils pénètrent peu profondément dans la matière, d'une fraction de millimètre, mais leur efficacité biologique est grande ; b) des rayons bêta formés d'électrons, c'est-à-dire d'électricité négative. Se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière, ils pénètrent dans la matière sur

une épaisseur de quelques millimètres ; c) des rayons gamma, les plus pénétrants, qui sont des ondes semblables à la lumière et aux rayons X.

Ces radiations et d'autres encore, découvertes par la suite, utilisées avec discernement jouent un rôle bénéfique, mais, laissées à elles-mêmes, elles constituent un grave danger pour l'humanité.

L'action des rayonnements

Becquerel, qui avait commis l'imprudence de garder quelques décigrammes d'un sel radioactif pendant six heures dans sa poche, constatait vingt jours plus tard que la peau tombait et qu'une plaie se mettait à suppurer, juste à l'endroit exposé aux rayonnements.

On commence à connaître quelque peu la manière d'agir et aussi les symptômes de cette maladie atomique. Toutes les radiations exercent leur effet nocif par ionisation. Elles produisent cette dernière en arrachant des électrons aux atomes ou aux molécules qu'elles frappent. Les cellules de l'organisme sont ainsi lésées ou tuées.

Les effets externes varient d'une certaine irritation ou rougeur de la peau à la formation de cancers qui n'apparaissent parfois qu'au bout de plusieurs années. Les effets internes s'avèrent plus mystérieux. La moelle des os, substance où se forment divers constituants du sang, est particulièrement sensible. Son exposition aux rayonnements provoque une diminution des globules rouges du sang. D'après les constatations faites sur les victimes d'Hiroshima et de Nagasaki, leur nombre tombe de cinq millions par mm^3 à un million. Il s'ensuit une anémie qui enlève toute force. La diminution des globules blancs amène d'autre part un affaiblissement des organes contre les infections microbiennes.

Il y a menace plus grave encore pour l'humanité. Le matériel héréditaire contenu dans les cellules reproductrices appelées chromosomes est particulièrement affecté par les radiations. Lorsque ces cellules sont irradiées, elles donnent parfois naissance à des mutations génétiques, c'est-à-dire à des modifications dans la descendance. Une telle mutation, qui peut être bénéfique ou maléfique, place l'humanité devant une perspective peu réjouissante : celle de voir augmenter le nombre d'enfants anormaux.

De tels effets terrifiants attribués aux radiations sont à l'origine des mouvements de masses qui, comme à Kaiseraugst, s'opposent à la construction de centrales nucléaires.

Mais avant d'examiner le problème réel que posent les déchets radioactifs retirés des réacteurs, écartons d'abord un préjugé qui a obtenu une certaine audience auprès du public.

Une centrale nucléaire n'est pas une bombe

La centrale nucléaire et la bombe atomique utilisent tous deux la fission de l'atome. Mais les procédés employés diffèrent.

Pour comprendre le problème qui nous occupe, il suffit de savoir que la fission nucléaire consiste dans l'éclatement d'un noyau lourd — uranium 235 ou plutonium 239 — sous le choc d'un neutron. De cette fracture il résulte une énergie énorme sous forme de chaleur ; c'est elle qui produit l'énergie électrique dans les centrales nucléaires. De plus, le noyau brisé, habituellement, en deux autres noyaux plus légers, libère de nouveaux neutrons — 2,5 en moyenne par choc primaire. Placés dans les conditions voulues, ces neutrons libérés attaquent à leur tour d'autres noyaux d'uranium et les réactions se poursuivent en s'amplifiant : elles engendrent ce que l'on appelle des réactions en chaîne.

Mais cette propriété de subir la fission appartient seulement à l'uranium 235 et au plutonium 239. Or, le minerai tel qu'on le récolte dans le sol ne contient qu'environ 0,7 % d'uranium 235. Pour construire une bombe atomique, il faut isoler l'uranium 235, ce qui constitue une opération difficile. Dans une bombe, plus de 90 % du combustible est constitué d'uranium 235 ou de plutonium 239 fabriqué artificiellement. Ce produit est conservé en des amas séparés, chacun d'eux ayant une masse inférieure à la masse critique. Au moment de la mise à feu, cette matière est rassemblée avec force en un temps très court ; elle forme ainsi un ensemble particulièrement explosif. De telles conditions n'existent pas dans le réacteur d'une centrale nucléaire. Dans celui-ci, la teneur en matière fissile ne dépasse pas 4 % ; elle est de plus disséminée au milieu de matériaux parfaitement inertes. Même sans aucune précaution, le réacteur ne peut pas se transformer en bombe atomique. Le danger qui subsiste est celui de l'emballement du réacteur. Si, par mégarde, les barres de réglage ne sont pas manœuvrées à temps voulu, il peut se produire un échauffement brutal qui fait fondre le cœur du réacteur. Un autre accident, une explosion de type mécanique, pourrait également se produire sous l'effet d'une surpression. Il y aurait alors probablement dissémination de matières radioactives.

Mais même en écartant ces hypothèses d'accidents, pas plus probables que celui de la rupture d'un barrage hydraulique, il reste les dangers purement radioactifs.

La protection contre les radiations

A l'intérieur du réacteur, il existe une radioactivité intense. Comme pour toutes grandeurs physiques, des unités conventionnelles ont été choisies

pour mesurer les radiations. Celle qui est couramment utilisée est le **rem**. C'est l'intensité de dose qui correspond à l'effet biologique sur l'homme d'un gramme de radium disposé à un mètre de lui pendant une heure. Les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique fixent à 0,5 rem par an la dose maximale admissible pour les personnes ne travaillant pas dans les installations nucléaires. En Suisse, la dose maximale admissible est fixée par la loi à 5 rems par personne en l'espace de 30 ans.

Un réacteur de puissance moyenne de 1000 mégawatts renferme dans son enceinte une valeur radioactive de plusieurs milliards de rems. Etant donné l'intensité de ces radiations, des mesures très sévères sont prises pour isoler le cœur du réacteur de son environnement extérieur.

Une première barrière faite d'une gaine métallique — souvent d'aluminium ou d'acier inoxydable — entoure le combustible irradié. Cette gaine retient le 99,9 % des isotopes radioactifs. Les rares radiations qui la traversent se heurtent ensuite à une barrière infranchissable : un mur de béton, variant de 1,5 m à 3 m, qui entoure tout le réacteur.

Les mesures de sécurité sont également prises pour protéger les ouvriers appelés à travailler dans l'usine. Ils portent constamment sur eux un compteur de radiations et souvent un film photographique développé à la fin de la semaine. Ces précautions permettent de déceler le moindre danger radioactif.

On doit reconnaître qu'en ce qui concerne le fonctionnement d'une centrale nucléaire les protections en usage semblent donner toute la sécurité attendue. La dose de radioactivité qu'un homme reçoit en passant de nombreuses radioscopies est bien plus élevée que celle qu'il absorbe dans une centrale nucléaire en fonctionnement normal.

Malgré toutes les précautions prises, par inadvertance dans le contrôle, des accidents peuvent néanmoins se produire.

Les constatations faites sur les victimes d'Hiroshima et de Nagasaki, ainsi que sur des personnes irradiées par accident, ont révélé comment évolue la maladie atomique.

L'action massive des radiations exerce son effet en quatre temps. Au cours de la première alerte, le malade éprouve des nausées, des maux de tête et une grande fatigue, comme les patients qui ont reçu une dose intense de rayons X. La période suivante est caractérisée par un mieux relatif du malade. La troisième phase est décisive ; elle amène la fièvre, l'accélération des battements de cœur et de fortes diarrhées. Le malade qui supporte cette crise entre en convalescence. Après quelques mois, il est considéré comme guéri.

Un cas : les irradiés de Vinca

Un accident survenu à la centrale de recherches nucléaires de Vinca, en Yougoslavie, nous permet de décrire le développement de la maladie atomique et les soins qu'elle requiert. Le réalisateur Gérard Poitou raconte l'histoire de cet accident dans un film intitulé *Les Atomisés de Vinca*.

Le 15 octobre 1958, au moyen d'un réacteur expérimental de puissance extrêmement faible, six chercheurs (une femme et cinq hommes) travaillent dans un laboratoire pour établir le bilan des neutrons et des rayons gamma, radiations dégagées dans la réaction de fission. Voici qu'à la suite de fausses manœuvres, le réacteur s'emballe ; subitement le rayonnement dépasse le seuil autorisé. Les appareils de contrôle donnent l'alerte. Après avoir songé un court instant que les appareils ne fonctionnent pas correctement et envisagé de les changer, le responsable se ravise et donne l'ordre d'évacuer l'usine.

Avec dix-sept ans de recul, ce chercheur, Stijepo Hajdukovic, a décrit ses impressions et ses souvenirs de « cobaye de la médecine atomique ».

« Sur le coup, déclare-t-il, on ne ressent rien. Par contre, on sent l'odeur de l'ozone créé dans l'atmosphère du laboratoire par l'action des rayons sur les molécules d'oxygène. » Une ou deux heures plus tard, viennent les vomissements et les maux de tête. Ces symptômes traduisent une dose voisine de la dose mortelle. D'après les diverses évaluations, elle devait être de quelques centaines de rems — 420 à 680 — suivant la position dans le laboratoire, par rapport au réacteur. C'est, approximativement, 5000 fois plus que la dose annuelle reçue par un individu du fait de la radioactivité naturelle.

Moins de vingt-quatre heures après l'accident, les irradiés sont transportés à Paris pour être soignés par les médecins de la Fondation Curie. Pendant plusieurs semaines, le traitement se borne à des transfusions sanguines. Les malades ne se font guère d'illusion sur leur sort. Ils savent que, par suite de la forte irradiation reçue, la moelle osseuse ne renouvelle plus les globules sanguins. Ils considèrent chaque transfusion « comme un bon bifteck » qui prolonge leur vie de quelques jours. L'un d'eux meurt un mois après l'accident. C'est alors que les médecins de la Fondation Curie demandent au professeur Mathé de tenter la greffe de la moelle osseuse, opération déjà tentée avec succès sur les rats, mais essayée pour la première fois sur une personne humaine. Accédant à la demande, le professeur Mathé prélève sur des volontaires un peu de moelle osseuse en perçant un trou à travers leur fémur. Il injecte ensuite ce prélèvement dans le sang des irradiés. Conformément à l'attente, cette moelle se fixe à l'intérieur des

os, reconstituant la capacité de fabriquer des globules sanguins. Trois mois plus tard, cinq des irradiés de Vinca pouvaient quitter l'hôpital de Villejuif en bonne santé.

On peut penser que des irradiations exceptionnelles, comme celle de Vinca, ne se produiront pas dans une centrale nucléaire munie de tous les dispositifs de sécurité. Pourtant un grave souci subsiste, celui d'une irradiation possible par les déchets sortis du réacteur. Ces scories posent des problèmes qui sont loin d'être résolus.

Que faire des déchets radioactifs ?

Au bout d'une trentaine d'années, la réaction de fission se ralentit, puis s'arrête. Cet effet est provoqué par l'accumulation progressive d'isotopes radioactifs qui capturent les neutrons. Le réacteur « empoisonné » doit être nettoyé, c'est-à-dire débarrassé des scories radioactives présentes dans les barreaux d'uranium. Parmi ces substances, le plutonium est l'un des pires poisons qui existent. Après 24 000 ans — durée de sa période — il conserve encore la moitié de ses atomes nocifs. Un autre radioélément, le strontium 90, est lui aussi particulièrement dangereux. Ses propriétés chimiques étant voisines de celles du calcium, il s'intègre au tissu osseux sous forme de phosphate. Une fois intégré dans l'os, il irradie les cellules de la moelle osseuse, pouvant provoquer des leucémies graves. Son élimination est tellement lente que vingt ans après la contamination il reste encore la moitié de la quantité initiale.

Ces deux exemples permettent de pressentir quelques-uns des dangers auxquels les radioéléments exposent l'humanité.

Les éléments radioactifs formés dans un réacteur sont si nombreux que je ne puis songer à recenser leurs propriétés particulières.

Par des traitements appropriés, on s'efforce de supprimer la toxicité des scories radioactives.

Sortis du réacteur au moyen de pinces ou de bras articulés, les barreaux d'uranium « empoisonnés » sont placés dans une piscine où ils séjournent pendant plusieurs mois. En 90 jours, ils y perdent le 98 % de leur radioactivité. Les matériaux pollués sont ensuite enfermés dans des containers en plomb pour être envoyés vers les usines de traitement. Les usines européennes se trouvent à La Hague (Normandie) et à Mol (Belgique). Là, les produits radioactifs sont soit dissous chimiquement, soit solidifiés, soit récupérés comme le plutonium pour d'autres applications.

Mais comment se débarrasser des déchets radioactifs ? Diverses solutions sont envisagées pour assurer leur stockage définitif. Les plus couramment proposées prévoient de les enfouir dans des cavernes ou dans des mines de sel ou encore de les enfoncer au fond de l'Océan. Aucune d'elles ne garantit une sécurité totale. Car une fois ces produits enfouis, on en perd le contrôle. Le projet d'envoyer ces déchets sur le Soleil présente lui aussi bien des aléas. Sans compter que le coût de l'opération augmenterait considérablement le prix de l'énergie nucléaire, on doit se demander : qu'arriverait-il si l'on ratait le tir et que ces déchets retombent sur la Terre ?

A cause des défauts de ces moyens entrevus pour se débarrasser des déchets radioactifs, d'aucuns pensent que la meilleure solution serait d'enfouir le réacteur usé dans une carapace de béton.

Des calories embarrassantes

Une autre pollution, qui n'a rien à voir avec la radioactivité, est liée à l'existence des centrales nucléaires. Tout comme les usines thermiques, les centrales nucléaires ont l'inconvénient de ne convertir en énergie électrique que le 30 à 40 % de l'énergie fournie. L'excédent de calories ne pouvant, pour le moment du moins, être utilisé pour le chauffage, doit être évacué dans l'environnement.

La plupart des usines déversent ces calories superflues dans l'eau d'une rivière. Il s'ensuit une augmentation de la température du cours d'eau, qui peut porter préjudice à la flore et à la faune. Après des études appropriées, le Département fédéral de l'Intérieur est arrivé à la conclusion que « l'eau d'un système fluvial donné ne doit pas, au total, être réchauffée de plus de trois degrés Celsius pour l'ensemble des centrales nucléaires qui en dépendent ».

Ce plafond étant déjà atteint pour l'Aar et le Rhin, un autre système de refroidissement est prévu pour les nouvelles centrales. On aura recours à des tours de refroidissement. Celles-ci, déjà en usage dans d'autres pays, évacuent dans l'air ambiant la chaleur non utilisée. Ici encore des inconnues subsistent. Entre autres, cet apport de chaleur pourrait avoir pour effet de modifier le climat d'une région. D'autre part, une chose est certaine : le passage du refroidissement direct par eau au refroidissement par air aura pour conséquence d'augmenter le prix du nucléaire.

Sécurité de 99,99 % : est-ce suffisant ?

Comme on vient de le voir, de nombreuses incertitudes subsistent relativement aux effets des centrales nucléaires sur l'environnement.

Selon des spécialistes, une sécurité de 99,99 % ne suffirait pas à rassurer l'humanité. Même, arguent-ils, si l'on doit reconnaître que la valeur de la sécurité atteinte est une bonne limite, il faut admettre d'autres possibilités de dispersion des substances radioactives : cataclysmes naturels, tremblements de terre, incendies, sabotages par des agents étrangers ou par des terroristes, employés mécontents de leurs employeurs, etc. Il y a danger que quelque « fou » provoque un jour l'empoisonnement de toute une région. Dans la perspective de si graves menaces, on peut prévoir que le débat sur les centrales nucléaires demeurera longtemps encore ouvert.

A cause des problèmes que posent les déchets radioactifs, beaucoup de savants s'accordent aujourd'hui pour reconnaître que la fission ne sera utilisée comme source d'énergie qu'à court terme : jusque vers l'an 2020. Pour sa relève, on mise sur l'emploi de l'énergie solaire et principalement sur la mise au point de la fusion thermonucléaire. Lorsqu'on sera parvenu à la maîtrise de ces deux sources, l'humanité disposera de suffisamment d'énergie propre pour des milliards d'années.

Une telle perspective ne peut que réjouir les protecteurs de la nature et de l'environnement ; elle fait poindre une lueur d'espoir pour notre civilisation.

Henri Michelet