



*Les peurs*

*face à l'énergie nucléaire*

**À CHAQUE ÉNERGIE  
SA PLACE !**



### SOMMAIRE

<b>1. Pourquoi parler des peurs face à l'énergie nucléaire ?</b>	<b>2</b>
<b>2. La bombe atomique</b>	<b>3</b>
<b>3. La radioactivité, on ne la voit pas !</b>	<b>4</b>
3.1 Phénomène insidieux ? Phénomène naturel	4
3.2 La radioactivité bénéfique à faible dose	4
3.3 La radioactivité se mesure très bien	5
<b>4. Fukushima</b>	<b>6</b>
<b>5. On ne nous dit pas la vérité !</b>	<b>8</b>
5.1 On ne fait plus confiance aux scientifiques	8
5.2 On ne peut faire confiance aux autorités nucléaires !?	8
<b>6. Les déchets</b>	<b>10</b>
6.1 Oklo, réacteurs naturels au Gabon	10
6.2 Les déchets vitrifiés, les verres	11
6.3 Discussion	12
6.3.1 Déchets de haute activité et à vie longue	12
6.3.2 Actinides mineurs	12
6.3.3 Réversibilité des stockages	13
<b>7. Le plutonium est tellement toxique !</b>	<b>13</b>
7.1.1 Toxicité du plutonium	13
7.1.2 Précautions dans les installations	14
7.1.3 Précautions dans les transports	14
<b>8. Conclusion</b>	<b>15</b>

*Ce dossier a été préparé par Robert Baschwitz.*

**Document également consultable sur le site <http://www.uarga.org>**

## 1. Pourquoi parler des peurs face à l'énergie nucléaire ?

Après Fukushima, naturellement la peur de l'énergie nucléaire réapparaît dans les cœurs et dans les esprits.

Il est important d'en parler, d'analyser la nature des peurs :

- Celles qui résultent de l'accident lui-même, survenu au Japon, pays considéré dans le monde entier comme un champion de la technologie. Si un accident majeur survient dans un tel pays, alors on se dit qu'il peut vraiment arriver dans n'importe quel autre !
- Celles qui préexistaient avant l'accident, liées à l'utilisation de matières dangereuses et de technologies qui paraîtraient difficiles à bien maîtriser.
- Celles qui sont fondées sur l'idée qu'on ne nous dit pas tout.
- D'autres peurs plus obscures.

En les passant en revue, en en parlant, *Energies et Médias* n'essaie pas de nier des réalités, de dire que toutes les peurs sont sans fondement. Il s'agit plutôt de proposer au lecteur des réflexions. Il les fera siennes ou non, comme il voudra.

L'ordre dans lequel on va analyser ici ces peurs n'est ni logique, ni illogique : peu importe l'ordre !

[Retour sommaire](#)

## 2. La bombe atomique

En 1945, en lâchant deux bombes atomiques sur Hiroshima et Nagasaki, les Américains ont mis fin à la guerre et évité par là des centaines de milliers de morts non seulement de leurs soldats, mais sans doute aussi, de soldats japonais. Cependant ce qui s'est gravé dans les mémoires, et on ne peut en être surpris, c'est qu'il s'agissait là de l'horreur absolue.

Dans l'esprit de beaucoup, le nucléaire porte cette tache, non seulement le nucléaire militaire, mais aussi le nucléaire civil.

Ce n'est pas le rôle d'*Energies et Médias*, de discuter de l'opportunité du nucléaire militaire. Ce qui est, au contraire, fondamental, c'est de bien faire comprendre ceci :

Un réacteur nucléaire ne peut devenir une bombe atomique,  
même suite à un accident.

Avant d'expliquer pourquoi, il est bon de rappeler ce qu'est une réaction en chaîne, en citant Claude Allègre dans son livre : *Faut-il avoir peur du nucléaire ?*

*Lorsqu'on bombarde habilement des noyaux d'uranium avec des neutrons, le noyau de l'isotope 235 se casse en deux morceaux de masse inégale et, dans le même élan, émet diverses particules dont des neutrons. A leur tour, ces neutrons vont casser des atomes d'uranium 235 situés dans le voisinage. Et ainsi, de proche en proche, la réaction va se propager et s'amplifier comme une réaction en chaîne...*

*Naturellement, chaque évènement dégage de la chaleur...*

Cela vaut pour la bombe et aussi pour le réacteur qui produit de l'électricité. On dit qu'on a atteint la *masse critique* de matière fissile lorsque les conditions sont juste réunies pour que la réaction en chaîne puisse démarrer.

Venons-en à l'explication qui permet de comprendre les différences entre un réacteur et une bombe.

Pour faire une bombe atomique, il faut d'abord une quantité suffisante de matière fissile très concentrée, uranium très enrichi en uranium 235 (de l'ordre de 90 %), ou plutonium 239 le plus pur possible. Il faut disposer cette matière dans une géométrie telle que, tant que la bombe n'est pas amorcée, la masse soit sous-critique (trop faible pour démarrer une réaction en chaîne), et, dès l'amorçage, le plus surcritique possible. On utilise en général, pour amorcer la bombe, un "implosor" : des explosifs chimiques puissants compriment la masse fissile sur elle-même.

Une fois la bombe amorcée, une réaction de fission en chaîne s'y développe de manière exponentielle, c'est-à-dire de façon de plus en plus violemment accélérée, jusqu'à ce que l'énergie relâchée par les fissions de plus en plus nombreuses disperse les matériaux de la bombe, entraînant la fin des réactions de fission. L'essentiel de l'énergie est libéré seulement par les dernières générations de fissions (c'est la caractéristique d'une exponentielle) : il faut donc maintenir de force



la masse surcritique le plus longtemps possible. C'est l'intérêt de l'implosion qui communique au matériau fissile une forte vitesse centripète, c'est-à-dire qui la comprime fortement sur elle-même, pour s'opposer à la dispersion centrifuge issue de l'explosion.

Il n'y a rien de tout cela *dans le coeur d'un réacteur* :

- D'une part, la matière est enrichie en isotopes fissiles seulement vers 4 ou 5% au lieu de 90%.
- D'autre part, si pour une raison accidentelle, la masse critique de matières fissiles est dépassée de façon non contrôlée, produisant une « *excursion* » de puissance, rien ne vient contrecarrer la dispersion de ces matières fissiles très tôt dans la croissance exponentielle, bien avant que l'énergie d'une bombe se soit accumulée. Ainsi, lors de l'accident de Tchernobyl, où l'excursion s'est bel et bien produite, le dépôt d'énergie dans l'eau de refroidissement a provoqué une violente explosion de vapeur qui a disloqué le coeur bien avant que puisse se produire une explosion nucléaire. Dans le cas des réacteurs à eau, en plus, dès que le coeur perd sa géométrie, il devient sous-critique.

[Retour sommaire](#)

A Fukushima, où les réacteurs étaient arrêtés et où, par conséquent, leurs coeurs étaient devenus sous-critiques, c'est une *explosion chimique* d'un mélange d'hydrogène et d'air qui a soufflé les parties hautes des bâtiments réacteurs. L'hydrogène est venu de l'oxydation brutale des gaines par la vapeur d'eau dans le coeur surchauffé, produisant de l'oxyde de zirconium et de l'hydrogène. Les explosions ont eu lieu lorsque, pour réduire la pression dans la cuve du réacteur et éviter l'explosion de celle-ci, on a relâché des gaz : on a mis en contact avec de l'air les gaz échappés de la cuve, qui contenaient une forte proportion d'hydrogène.

### **3. La radioactivité, on ne la voit pas !**

#### **3.1 Phénomène insidieux ? Phénomène naturel**

Les savants qui ont découvert la radioactivité et qui ont fait les premières découvertes sur le sujet ont été honorés par la société mondiale. Ils ont multiplié les prix Nobel. On se soignait volontiers par la radioactivité.

Mais après Hiroshima et Nagasaki, les sentiments ont changé. La radioactivité, c'est un rayonnement, mais qui ne se voit pas, qui ne se sent pas ! C'est insidieux. N'est-ce pas même diabolique et maléfique comme quand on vous jette un sort ? Le sentiment qu'elle inspire est l'inquiétude, si ce n'est l'angoisse. Il est encore accru par le fait que, tout le monde le sait, on n'en ressentirait les conséquences négatives éventuelles que plusieurs années plus tard, vingt ans plus tard.

Et pourtant, la radioactivité est essentiellement *naturelle*. Les éléments radioactifs sur Terre se sont formés dans le soleil. Il y en a dans le noyau terrestre des masses considérables qui dégagent une très forte chaleur. Celle-ci doucement vient chauffer la surface où nous vivons. Grâce à elle, notre planète est habitable. Certaines roches sont radioactives et nous sont familières, telles que le granite.

#### **3.2 La radioactivité bénéfique à faible dose**

Il existe même, par exemple au Brésil sur la plage de Guarapari, en Iran à Ramsar, ou aux sources thermales de Bad Gastein en Autriche, des zones où la radioactivité est élevée (jusqu'à 40 microsievverts par heure à Guarapari), et où l'on ne trouve pas plus qu'ailleurs de cancers ou de

maladies liées à la radioactivité. Ces lieux sont, au contraire, réputés pour leurs bienfaits sur la santé !

De nombreux travaux montrent que,  
*jusqu'à une certaine dose, les rayonnements ionisants sont bénéfiques pour l'organisme.*  
Ce phénomène est connu sous le nom d'*hormésis*.

On peut l'expliquer de la façon suivante :

*Chaque cellule* du corps humain est l'objet de 20 000 agressions par jour, de toutes natures. Cela veut dire que des brins d'ADN sont rompus. Mais le corps les répare presque aussitôt si le brin de la même paire, identique, est resté intact. Si le deuxième brin est, lui aussi, détruit, la réparation se fait difficilement, et souvent la cellule meurt.

Dans le cas où l'agresseur est un rayonnement ionisant de faible intensité, il apparaît que ce rayonnement donne à l'organisme une sorte d'entraînement pour réparer les brins d'ADN comme expliqué ci-dessus. En quelque sorte, il joue le rôle de vaccin en prévision d'agressions radioactives futures. Cela peut prévenir ou retarder le développement d'un cancer à sa phase tout à fait initiale par réparation ou élimination des cellules cancéreuses qui sont des cellules siège de dérèglements.

[Retour sommaire](#)

Certains mettent encore en doute cet effet bénéfique. On n'en tient pas compte quand on organise une radioprotection du personnel des installations nucléaires et de la population environnante. Une discussion à ce sujet serait intéressante. On l'abordera peut-être dans un autre numéro d'*Energies et Médias*.

### 3.3 La radioactivité se mesure très bien

La radioactivité ne se voit pas, mais elle se détecte facilement avec des instruments,  
contrairement à un grand nombre de poisons chimiques.

On mesure très bien des rayonnements ionisants très faibles ou même extrêmement faibles. Cela permet d'organiser la « radioprotection », c'est-à-dire la protection contre ces rayonnements, de façon très efficace, à condition, bien sûr, de disposer d'instruments et d'un certain savoir-faire. Il existe des instruments pour toutes les situations, par exemple pour les mines, pour les maisons. Sans le savoir-faire, par exemple pour mesurer les risques du radon dans les mines ou dans les maisons, on apprend en côtoyant les spécialistes que l'on peut aboutir à des conclusions erronées. Il en est ainsi certainement de beaucoup d'autres techniques.

Souvent, d'ailleurs, la presse fait peur inutilement. Prenons un exemple : *L'Agence France Presse* le 7 septembre émet un communiqué dont le titre est : *Davantage d'enfants contaminés à Fukushima qu'annoncé (laboratoire français)*. Dans le corps de l'article, on comprend que c'est parce que l'ACRO a utilisé des instruments dont le seuil de détection est nettement plus bas que celui qu'utilisaient les Japonais. A la fin du communiqué, dont le fond est honnête, on apprend enfin que *La contamination reste légère pour tout le monde*.

*On sait détecter des rayonnements très, très faibles,  
cela ne veut pas dire qu'ils sont dangereux.*

Méfions-nous donc des émissions de télévision  
où l'on nous fait entendre un compteur qui grésille :  
ce n'est pas toujours la preuve d'un rayonnement dangereux ou même élevé !

Les anti-nucléaires savent très bien faire peur au public, ou à un ministre qu'on interviewe !

#### 4. Fukushima

Il y a eu Three Mile Island aux Etats-Unis en 1979, puis Tchernobyl en 1986, voici 25 ans. Pour Tchernobyl, il était clair qu'il s'agissait d'un accident soviétique. Cela ne devait pas arriver dans un pays convenablement gouverné et géré !

On a tiré des enseignements de Tchernobyl. Un Français, Remy Carle, a eu l'idée de réunir dans une association permanente *tous* les « électriciens nucléaires » du monde, c'est-à-dire les compagnies qui exploitent des centrales nucléaires, dans un organisme nommé WANO (World Association of Nuclear Operators). Tous les accidents et incidents qui surviennent sur un quelconque des réacteurs du monde sont portés à la connaissance des autres électriciens nucléaires et analysés en commun, sous le sceau de la confidentialité (car certaines de ces compagnies sont concurrentes !) Il en résulte, depuis lors, une solide entraide, d'où découle une amélioration de la sûreté nucléaire dans le monde.

On s'est mis à développer, et on a commencé à vendre, des réacteurs de génération 3, conçus pour que des agressions extrêmes, ou des accidents très sérieux, ne mènent pas à une catastrophe pour la population avoisinante. La France milite depuis plusieurs années pour qu'on ne construise plus dans le monde *que* des réacteurs de 3<sup>ème</sup> génération, en attendant la 4<sup>ème</sup>.

Mais on espérait bien que les réacteurs de 2<sup>ème</sup> génération existants continueraient à fonctionner longtemps sans accident sérieux, grâce à des travaux destinés à prendre en compte l'expérience acquise dans le monde, et, bien sûr, les effets du vieillissement de certains organes.

Maintenant, 2011, voilà que survient l'accident de Fukushima ! Il est vrai que le tsunami seul a fait plus de 20000 morts, que les réacteurs de Fukushima Dai-ichi en ont fait cinq (un écrasé dans sa grue lors du séisme, deux noyés dans les sous-sols lors du tsunami, et deux sans doute d'épuisement dans l'effort et en raison de la chaleur dans leur tenue d'intervention) ; mais, pour le moment, il n'y a aucune victime des rayonnements nucléaires ; on espère bien qu'il n'y en aura pas. Pour ramener les installations de la centrale à une situation moins dangereuse, il a fallu cependant permettre que des membres des équipes d'intervention dépassent assez notablement la limite normale japonaise de 100 millisieverts sur cinq ans, augmentant légèrement pour eux le risque de cancer à long terme. *Il est de toute façon indéniable que Fukushima est une catastrophe, ne serait-ce que par le nombre de personnes qu'il a fallu évacuer, qui ont perdu pour longtemps habitation et travail.*

Dans un pays bien gouverné et géré, un Tchernobyl ne devait pas arriver. On n'a pas eu un Tchernobyl, mais cet accident grave est arrivé au Japon, pays considéré comme un sommet de la technologie. Le monde entier en déduit que cela peut arriver partout. La peur de l'accident majeur est revenue.

Trois graves accidents sur des réacteurs nucléaires en 32 ans. Les deux derniers sont de niveau 7, le plus élevé sur l'échelle de gravité des événements du point de vue de la sûreté nucléaire, l'échelle INES. Cela fait une fréquence vingt fois plus élevée que ce qu'on considérait comme probable avec les réacteurs des générations 1 et 2. *Le risque actuel d'accident grave apparaît donc excessif.*

On conclut : Si l'on veut continuer avec le nucléaire, il faut imaginer l'in vraisemblable, la concomitance de circonstances très improbables, et avoir la solution pour y faire face !

Les communautés nationales et internationales s'efforcent de concevoir des « stress tests », des tests de résistance à des contraintes extrêmes ;  
pour étudier ensuite si les installations nucléaires  
sont capables d'y faire face sans dommage grave.

*Si non, il faut construire des protections complémentaires, ou fermer l'installation !*

Cette démarche semble saine, mais il faut  
l'appliquer avec intelligence :

*Il faut, en effet, tenir compte du fait que les Japonais  
n'avaient pas tiré, comme c'était impératif, les enseignements du passé,  
malgré leur participation à WANO.*

*S'ils l'avaient fait, on n'aurait peut-être jamais entendu parler de Fukushima !*

[Retour sommaire](#)

On l'a bien montré en effet, en particulier dans le numéro spécial d'*Energies et Médias* en juillet : Tepco, la compagnie qui a construit et exploitait la centrale de Fukushima Dai-ichi, n'a pas tenu compte du tsunami de 10 mètres qui avait ravagé les rivages de l'Océan Indien en Thaïlande et en Indonésie en 2004 ; et elle n'a pas, suite à Tchernobyl, jugé nécessaire d'installer des « recombineurs d'hydrogène » qui auraient sans doute évité les explosions, alors que l'Autorité de Sécurité Nucléaire française les a imposés sur les réacteurs existants en France, ou que nous construirons dans le futur.

*Energies et Médias* surprendra sans doute bien des lecteurs en citant sans ambages l'expérience de ceux des retraités d'Areva qui connaissent particulièrement le Japon nucléaire, pour avoir travaillé avec ce pays de nombreuses années :  
« Les Japonais, et Tepco en particulier,  
ont facilement tendance à présenter des informations tronquées ou optimistes.  
Nous l'avons vécu de multiples fois depuis au moins quinze ans. »

Au Japon, l'esprit de consensus, de compromis, qui caractérise le pays a sans doute conduit l'Autorité de Sécurité japonaise à fermer souvent les yeux.  
Il n'est pas bien compatible  
avec la relation nécessairement intransigeante  
entre gendarme et exploitant/contrevenant potentiel.

Il faudra trouver, au Japon, mais aussi ailleurs, le moyen de surveiller que les pays exploitant des installations nucléaires organisent et entretiennent  
la culture de sûreté  
ainsi que la multiplication des lignes de défense

pour prévenir les accidents ou minimiser leurs conséquences,  
ce que nous appelons la *défense en profondeur* ;  
surveiller aussi que l'Autorité de Sûreté nationale  
est dotée de façon réelle de l'autorité nécessaire  
pour s'imposer absolument aux exploitants.

[Retour sommaire](#)

Moyennant quoi, si l'on y réussit, les installations seront bien mieux construites et menées, et la probabilité d'accident grave sera très significativement réduite.

## **5. On ne nous dit pas la vérité !**

### **5.1 On ne fait plus confiance aux scientifiques**

Le temps est passé dans le monde, où les scientifiques avaient la cote, où l'on croyait à la science comme facteur de progrès et de bien-être. Aujourd'hui, le scientifique n'a plus de cote d'amour. On se méfie de lui !

Pourtant l'esprit scientifique est fait de rigueur et c'est souvent cela qui remplit d'enthousiasme l'étudiant qui choisit une profession dans ce domaine.

Il est vrai cependant que, parfois, un scientifique, comme toute autre personne, peut être tenté de défendre sa société, ses programmes et les financements dont il bénéficie pour les mener à bien. Il faut donc écouter le scientifique avec un esprit critique et faire preuve de jugement !

Mais il faut aussi faire preuve de jugement quand on écoute les associations qui dénigrent telle ou telle activité industrielle ou agricole, par exemple le nucléaire. Elles aussi ont besoin de vivre, de recueillir des cotisations et des dons. Quand elles critiquent, posons-nous la question : est-ce chaque fois pour défendre la vérité et la population contre un danger, ou pour se donner la réputation d'un chevalier intrépide qui prend des risques pour protéger les gens ?

### **5.2 On ne peut faire confiance aux autorités nucléaires !?**

Nombreux sont ceux qui sont très inquiets quant au nucléaire, pensant qu'on ne leur dit pas la vérité, en tout cas pas toute la vérité.

D'ailleurs, si l'on parle à un Français de faire confiance aux autorités pour dire la vérité en matière nucléaire, il répond du tac au tac : « *oui, le nuage s'est arrêté à la frontière !* » C'est devenu une expression usuelle, bien plus usitée que « ça tombait comme à Gravelotte ! »

C'est naturellement au Professeur Pellerin que l'on pense. Il a été inculpé plusieurs fois.

Or il a gagné tous ses procès : en diffamation, mais aussi sur le fond, tout récemment, sur les maladies de la thyroïde qui seraient causées en France par Tchernobyl, par ce fameux nuage.

L'incroyable, au sujet de ce dernier arrêté de la Cour, est que certains médias, ou des personnes qu'ils interviewent, laisseraient entendre que la justice serait à la botte des industriels et « du lobby nucléaire », pour disculper le Professeur Pellerin ! Or l'enquête qui a précédé ce jugement a été très fouillée, et le jugement motivé.



On a déjà rappelé cent fois, et les médias le savent, que le Professeur Pellerin, celui qui était au travail ce week-end du 1<sup>er</sup> mai 1986, n'a jamais dit que le nuage s'est arrêté à la frontière ; bien au contraire : il a dit tout de suite que le nuage avait traversé toute la France ; mais il a affirmé qu'il n'en résultait pas de danger en France et qu'il n'y avait pas lieu de changer les habitudes alimentaires.

Le lecteur internaute trouvera les renseignements complets sur cette méchante histoire, y compris le jugement de non-lieu, en suivant le lien [lien avec la brève de Bernard](#). Pour nos lecteurs qui n'ont pas Internet, voici un tout petit extrait de ce qu'on trouve par ce lien : « ...dès le 2 mai 1986 le journal Libération faisait état de la hausse de la radioactivité même si le 12 mai le même journal titrait au mensonge radioactif, ... jugeant sans doute que bien peu de lecteurs se souviendraient de l'article, paru le 2 mai, au milieu du pont du 1<sup>er</sup> mai et s'appuyant sur un communiqué d'un fonctionnaire du Ministère de l'Agriculture en date du 5 mai... brochant autour des indications du Professeur Pellerin. Avant tout désireux de ne pas empêcher les exportations des produits agricoles français, ce fonctionnaire, en prenant quelques libertés avec le texte du SCPRI, a donc contribué à faire dire au Professeur Pellerin ce qu'il n'avait jamais dit, ni laissé entendre. »

La vérité est que le Professeur Pellerin – connu pour sa grande et même sourcilleuse rigueur scientifique - avait l'esprit tranquille quand il a dit cela : il était un des seuls au monde à disposer des données mesurées et de l'expérience nécessaire pour calculer les effets en France du passage du nuage. En effet, à l'époque des essais nucléaires aériens des cinq pays dotés de l'arme atomique, il avait construit en France un réseau de stations de mesure pour suivre les retombées radioactives et leurs répercussions sur la chaîne alimentaire : l'herbe, le lait, la viande, et même la thyroïde des mammifères. Or les atomes radioactifs produits par l'explosion d'une bombe atomique ou par un réacteur nucléaire à Tchernobyl sont les mêmes : iodes, césiums, strontium, etc... Recevant, après le passage du nuage, les informations sur les mesures au sol en France, le Professeur Pellerin savait calculer les répercussions sur l'homme par la même chaîne alimentaire. Et l'effet ainsi calculé était insignifiant en France. Sur cette base, il a fait les déclarations rassurantes que l'on sait.

Il n'est donc pas étonnant que l'étude statistique des cancers de la thyroïde en France ait conclu : *Pas d'effet perceptible !* Ce n'est pas, en l'occurrence, le scientifique, ni l'autorité, qui a failli, mais un fonctionnaire anonyme du ministère de l'agriculture qui a déformé les propos du professeur Pellerin, et des journalistes qui ont rapporté des propos qu'il n'a pas tenus. Presque aucune personnalité, malheureusement, n'a eu pendant longtemps le courage de soutenir devant les médias le professeur Pellerin, tant il était devenu impopulaire.

Donc cet exemple du nuage, objet de la dérision des Français, est faux :  
on pouvait faire confiance à nos autorités,  
même s'il est bien vrai qu'elles ne nous ont pas expliqué grand-chose à l'époque,  
et que cela a contribué à la confusion des esprits.

[Retour sommaire](#)

Cela dit, il arrive que des autorités enjolivent des nouvelles. On a raison d'être circonspect quand on en prend connaissance. Heureusement en France, où l'on sait que toute erreur qu'aurait annoncée une des entreprises ou un des centres de recherche serait redressée sévèrement par l'Autorité de Sûreté Nucléaire qui les supervise<sup>1</sup>, le public n'accorde pas trop de crédit à ceux qui prétendent

<sup>1</sup> Un cas tout récent le montre : celui de l'accident dans l'usine Centraco près de Marcoule. On sait qu'un four a explosé le 11 septembre dans une usine de traitement de déchets de faible activité, dont le but est de concentrer les atomes radioactifs dans un petit volume. Cet accident a fait un mort et quatre blessés. Les blessés n'ont pas été contaminés, et la contamination n'est pas sortie de l'atelier du four. Un journaliste a interrogé l'exploitant, Socodei, sur la radioactivité de la charge des déchets métalliques introduits dans le four. La réponse a été erronée d'un facteur 500. L'Autorité de Sûreté a rapidement corrigé et demandé très fermement des explications à l'exploitant de l'usine. Heureusement ce chiffre est sans grande importance vu que la contamination n'a pas quitté l'atelier.

qu'on falsifie les chiffres. Il ne doit pas avoir peur de ce qui est annoncé par l'ASN et par les exploitants français.

C'est souvent ce qu'en disent certains anti-nucléaires qui serait sujet à caution. L'expérience d'*Energies et Médias* est que souvent ils fournissent des chiffres justes, mais les présentent avec des commentaires qui induisent, pour le lecteur ou le spectateur, qu'il y aurait lieu de s'inquiéter. Par exemple, au sujet d'une mesure donnée, ils disent : *c'est 100 fois la normale !* Le lecteur comprend : c'est dangereux ; alors que c'est simplement : 100 fois plus que les jours habituels, ou bien 100 fois plus qu'à côté. Cela ne veut, en réalité, pas du tout dire que c'est forcément dangereux. On peut transposer cette situation à de l'or : si l'on découvre un lieu où la teneur en or de la roche est 100 fois supérieure à celle du voisinage, croyez-vous que cela suffira à rendre riche celui qui extrairait cet or de la gangue ?! 100 fois pratiquement rien égale pas grand-chose, aurait presque dit Raymond Devos !

## 6. Les déchets

On parle toujours de cela : Le nucléaire produit des déchets. Certains d'entre eux resteront radioactifs pendant des centaines de milliers d'années, et ce sont justement les déchets classés « de haute activité et à vie longue ». On se prépare, dit-on, à les « enfouir » dans les profondeurs de la Terre, où l'on ne peut aller les voir.

La radioactivité, les profondeurs de la Terre: certains pensent, au moins dans leur subconscient, que ce sont des facteurs maléfiques !

Pour eux et pour les autres, impossible d'imaginer que l'homme reste attentif à la présence de déchets et au danger qu'ils représentent, pendant une période aussi longue, des centaines de milliers d'années ! Comment peut-on garantir que ces matières n'apparaîtront pas un jour à la surface pour tuer des hommes ? Comment peut-on être sûr des raisonnements qui font dire aux experts : ce sera sans danger pendant des centaines de milliers d'années ? Tout cela fait peur !

Notons sans attendre que le terme *enfouir* laisse entendre qu'on creuserait un trou, qu'on déposerait simplement les déchets, et qu'on refermerait sans précautions particulières. Pour une tombe, on dit *ensevelir*, c'est déjà fait avec plus de soin. Il s'agit en réalité de placer les déchets avec méthode et précaution dans des installations de stockage scientifiquement et technologiquement très étudiées en fonction des caractéristiques du site.

*La profondeur garantit, entre autre, que l'érosion n'atteindra pas le stockage, et que les déchets ne seront pas facilement accessibles à la folie des hommes.  
Elle sert aussi d'obstacle à la migration des substances radioactives vers la surface de la Terre, où nous vivons.*

[Retour sommaire](#)

Il n'est pas question, dans ce numéro d'*Energies et Médias*, de faire une démonstration de la sûreté des solutions actuellement en préparation, pour un « stockage géologique profond » au voisinage du laboratoire construit par l'ANDRA à Bure. On s'en tiendra ici à quelques considérations simples.

### 6.1 Oklo, réacteurs *naturels* au Gabon

On a découvert au Gabon, au sein d'un gisement d'uranium en cours d'exploitation, d'anciens réacteurs nucléaires naturels ! On est en mesure d'affirmer qu'ils ont fonctionné il y a 2 milliards d'années, pendant 150 000 à 850 000 ans suivant les réacteurs ! On le sait, entre autre, parce que l'uranium résiduel, celui que contient la roche minérale, est appauvri en uranium 235. Il y a donc eu des fissions d'atomes d'uranium 235. On le mesure très facilement (et on a été sidéré quand on s'en est aperçu pour la première fois !) Or on constate que la *plupart des déchets produits par la fission de l'uranium et du plutonium, et les descendants<sup>2</sup> des atomes d'uranium et de plutonium résiduels, sont restés sur place !* Donc dans la configuration géologique locale, la plupart des éléments radioactifs n'ont pratiquement pas bougé. Vous avez bien lu : il s'agit de *plus d'un milliard d'années, tandis qu'on s'intéresse à moins d'un million d'années pour les déchets de nos réacteurs.*

Le stockage souterrain bien étudié n'est donc pas une bêtise. Les experts du monde entier, par exemple quand ils se réunissent à l'AIEA, sont d'accord sur ce point. Leur certitude est d'ailleurs fondée sur des données scientifiques et des raisonnements qui vont bien au-delà de ces constatations à Oklo.

Reste à concevoir les stockages en fonction des configurations locales dans les pays concernés. Il ne s'agit pas de grandes surfaces car les volumes de ces déchets sont très petits pour chaque pays, quelques kilomètres carrés. En France, des exposés très positifs ont été présentés au Parlement par l'ANDRA, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, et ont conduit à la loi de 2006 ; depuis lors, les études complémentaires conduisent à être optimiste quant à la perspective d'un stockage dans l'argile dans la région de Bure où se trouve le laboratoire, aux confins de la Meuse et de la Haute-Marne.

## 6.2 Les déchets vitrifiés, les verres

L'autre point dont il est intéressant de parler ici, c'est le verre, les déchets vitrifiés : ces blocs de verre de la taille d'un petit homme, qui constitueront ce déchet de haute activité et à vie longue. Les éléments radioactifs issus du retraitement des combustibles usés après séparation de l'uranium et du plutonium, seront mélangés au verre en fusion, incorporés dans la matrice même du verre, comme le plomb est incorporé dans la matrice du verre pour constituer le « cristal » de nos beaux verres de table. C'est une magnifique solution pour le transport, puis le stockage de ces déchets !

Par leur construction, les installations de stockage empêcheront l'eau d'arriver au contact des blocs de déchets, mais on sait que ce contact finira sans doute par se produire un jour. C'est pourquoi on étudie la corrosion des blocs par l'eau locale.

Or toutes les expérimentations normalisées d'attaque par l'eau, même rendue artificiellement agressive, montrent que cette matrice de verre chargée de déchets ne se dissout pas, ou extrêmement lentement, si lentement que l'eau qui pourrait entrer en contact avec ces blocs, ou avec des fragments de ces blocs, n'en emporterait que des quantités infinitésimales !

[Retour sommaire](#)

Vous avez bien lu :

<p>Si le bloc de verre est cassé quand l'eau arrive à son contact, cela ne fait rien, le morceau résiste aussi bien à l'attaque de l'eau que le bloc entier.</p>
--

<sup>2</sup> Un atome radioactif, comme son nom l'indique, émet un jour un rayonnement. Au même instant, il disparaît et donne naissance à un atome de nature différente, un « descendant », qui peut être radioactif ou non. Un descendant de ce nouvel atome est naturellement aussi appelé descendant du premier, comme un fils est descendant de son père, mais aussi de son grand-père ; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on aboutisse à un descendant non radioactif, stable.

## 6.3 Discussion

### 6.3.1 Déchets de haute activité et à vie longue

Ces déchets appelés de haute activité et à vie longue sont en fait moins nocifs à long terme que leur nom ne le laisse entendre, pour plusieurs raisons :

- Les radioéléments de haute activité, comme leur nom l'indique, émettent un fort rayonnement. Cela veut dire que beaucoup d'atomes de ce déchet émettent leur rayonnement chaque seconde. Or à l'instant où un atome radioactif émet son rayonnement, il *disparaît*. Si le rayonnement est fort, cette sorte d'atomes disparaîtra donc vite.
- En disparaissant et en émettant son rayonnement, l'atome radioactif devient un atome différent, un descendant (cf. § 6.1). Certes, parmi les descendants, il y en a qui sont, eux aussi, radioactifs à vie longue, mais, comme on peut s'en convaincre en consultant les tables, leur activité est *moyenne* ou faible et non pas haute.

*Energies et Médias* appelle donc souvent ces déchets des « déchets de haute activité *initiale* et à vie longue. Reconnaissons que ce n'est pas l'appellation officielle, mais elle permet de retenir ceci :

*La haute activité  
des déchets dits de « haute activité et à vie longue »  
n'est plus une réalité après des milliers d'années.  
Cette activité n'est haute qu'au début.*

### 6.3.2 Actinides mineurs

Le résultat de ce qui vient d'être expliqué est qu'à très long terme, 10 000 ou 100 000 ans, en raison de la décroissance naturelle des atomes radioactifs, il ne restera plus que :

- quelques produits de fission à vie très longue (les produits de fission sont les deux morceaux qui se forment lors de la fission de l'uranium ou du plutonium),
- quelques actinides mineurs.

Qu'est-ce que les « actinides mineurs » ? Pour ne pas faire de cet exposé un texte compliqué à comprendre, on dira seulement que ce sont des atomes lourds, encore plus lourds que l'uranium et le plutonium : neptuniums, américiums et curiums. Nous mettons des « s » car il y a plusieurs formes, plusieurs isotopes, de chacun d'eux. Ils se forment quand des neutrons, au lieu de casser, de fissionner, un atome fissile, sont captés par lui. Malheureusement, cela arrive et dans nos réacteurs de générations 2 et 3, à neutrons thermiques, ce sont des déchets !

[Retour sommaire](#)

Ce qui est important, et pas très connu, c'est que les actinides, qui représenteront de loin la majeure partie de la faible radioactivité résiduelle, ont des propriétés telles que leur mobilité est très, très faible. Cela signifie ceci :

S'ils venaient à quitter les verres où ils ont été conditionnés,  
sous l'effet de l'eau qui aurait réussi à se frayer un chemin jusqu'au stockage,  
puis à emporter un tout petit peu de la matière de ce verre, eh bien  
*ces actinides mineurs seraient arrêtés par l'argile dès les premiers mètres.*

*Ils ne diffuseront pas vers la surface où habitent les hommes.*

Quant aux *produits de fission* à vie très longue, qui seraient, eux, plus mobiles, leur radioactivité est encore beaucoup plus faible, beaucoup trop faible pour être, à très long terme, dangereuse pour quiconque.

Ne perdons cependant pas de vue qu'avant cela, les verres auront été infiniment utiles, en particulier tant que des produits de fission à vie courte étaient encore présents.

### **6.3.3 Réversibilité des stockages**

Le Parlement a voté la loi de 2006 préconisant le stockage souterrain de déchets de haute activité et à vie longue, à la condition qu'il puisse, en fonction d'études ultérieures qui sont en cours, être réversible ou irréversible.

[Retour sommaire](#)

*Réversible* veut dire qu'on pourra encore avoir accès aux déchets mis en place, pendant une certaine période, avant de fermer le stockage.

Quelles circonstances pourraient conduire à intervenir sur les déchets déjà mis en place dans le stockage ?

- On comprend que si l'on découvre une anomalie, telle qu'une fuite, il sera possible d'y remédier.
- Certains, dont Claude Allègre, portent leurs espoirs dans une solution qu'on appellera « solution extrême » : une destruction possible des déchets à vie longue, afin qu'il ne soit plus nécessaire de créer des stockages pour des centaines de milliers d'années. Ils voudraient qu'on ressorte les blocs de verre du stockage profond pour transmuter les radionucléides à vie longue en radionucléides à vie courte le jour où cela serait possible. C'est une éventualité que laissent entrevoir les réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération à neutrons rapides. On n'expliquera pas dans ce numéro toutes ces notions. Gardons à l'esprit, pour le moment, que les chances sont grandes qu'on puisse se passer de cette solution extrême ; extrême, car coûteuse : ressortir les blocs de verre (avec toutes les précautions que cela demande), les dissoudre, reconcentrer ces produits de haute activité, utiliser des neutrons dans des réacteurs pour obtenir des transmutations plutôt que pour leur fonction normale, etc... (Notons que les rendements de telles opérations sont loin d'atteindre 100 %.) Si la sûreté l'exige, il faudra le faire. Mais cela apparaît peu probable aux spécialistes. En effet, on a vu au paragraphe précédent que les actinides mineurs, les plus radioactifs des atomes qui resteront après des milliers d'années dans les déchets vitrifiés, sont très, très peu mobiles et ne parviendraient donc certainement jamais à se frayer un chemin vers la surface de la Terre. Il est donc vraisemblable qu'on pourra se passer de cette solution extrême.

Il n'empêche que la réversibilité laisse la porte ouverte, et que cette possibilité est de nature à aider le public à vaincre son appréhension devant ces « mystérieux » déchets.

## **7. Le plutonium est tellement toxique !**

### **7.1.1 Toxicité du plutonium**

Une autre peur est celle du plutonium. Tout le monde dit qu'un microgramme de plutonium est mortel !



Voici ce qu'il en est :

C'est *s'il est inhalé*, s'il pénètre dans les poumons, que le plutonium est dangereux. Il affecte alors les poumons, le foie et les os. La dose létale n'est pas 1 microgramme, mais de quelques microgrammes, 10 microgrammes pour le plutonium 239. Il est impératif de se protéger.

S'il est absorbé par la bouche, le plutonium est beaucoup moins dangereux car l'oxyde de plutonium est peu transférable par la chaîne alimentaire.

Par ailleurs, tout dépend de la forme physico-chimique sous laquelle se trouve le plutonium. Une poudre est beaucoup plus facile à disperser en cas d'accident qu'une « pastille » de combustible d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium, MOX, telle que celles qui remplissent les longs cylindres de certains assemblages combustibles.

Avaler une pastille de MOX serait sans inconvénient sur un organisme sain (sans plaies buccales, stomacales ou autres) et ressortirait intacte au bout de quelques heures !

### **7.1.2 Précautions dans les installations**

On ne décrira pas ici les techniques pour transporter et travailler le plutonium. En vérité, il y a aujourd'hui de nombreuses activités industrielles qui nécessitent, comme pour le plutonium, de confiner des matières pour les mettre en œuvre, par exemple dans les domaines médical et pharmaceutique. Qui penserait à renoncer à ces activités ? On sait très bien travailler en « boîtes à gants », ou en « cellules chaudes » (on a défini ces mots dans des numéros antérieurs d'*Energies et Médias*.) Citons deux des facteurs établissant la sûreté de telles installations :

- Ce sont des enceintes maintenues en dépression par rapport aux salles voisines, de sorte que, s'il survient un incident et qu'un trou se produise par inadvertance dans la paroi de séparation, l'air circulerait de l'extérieur vers l'intérieur de l'enceinte, l'inverse de ce qui serait dangereux.
- Les opérateurs sont tenus d'avoir toujours leur masque accroché à la ceinture, pour pouvoir l'appliquer sur leur visage en cas de nécessité ou par précaution.

### **7.1.3 Précautions dans les transports**

Quant aux transports, la sûreté repose sur l'emballage. Ce mot couvre en fait l'ensemble du dispositif sophistiqué de conteneurs concentriques et de protections qui permet de véhiculer les matières radioactives. Le lecteur intéressé est invité à lire sur le site <http://www.uarga.org> un numéro ancien (n° 16, d'octobre 2004) préparé à une époque, 2004, où les Américains avaient fait fabriquer en France des éléments combustibles MOX à partir de leur plutonium d'origine militaire.

Pour le transport de matières radioactives, un document complet a été élaboré à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, l'AIEA, par l'ensemble de ses Etats membres, et il est régulièrement mis à jour, pour servir de charte obligatoire couvrant tous les transports de matières radioactives. Ces transports sont extrêmement nombreux. Ceux de plutonium ne sont pas rares. Tout est remarquablement codifié, la technique, les autorisations, etc...

[Retour sommaire](#)

L'emballage est naturellement adapté au contenu à transporter. La poudre d'oxyde de plutonium, qui se disperserait facilement si elle sortait de son emballage, est en boîtes fermées un peu dans l'esprit des poupées russes ; alors que le combustible en oxyde mixte d'uranium et de plutonium, MOX, est composé de matières solides qui, en cas d'accident, pourraient à la rigueur se briser comme un caillou, mais ne risquent pas du tout de s'envoler et de parvenir aux poumons des populations

avoisinantes. Ceux qui prétendent qu'un accident de transport de combustible MOX pourrait tuer des millions de personnes racontent donc des histoires, personne ne serait contaminé.

Naturellement personne n'oublie l'attrait que le plutonium semble présenter pour des pirates ! On ne communique pas sur ces sujets, mais les protections invisibles sont multipliées, conçues et mises en œuvre pour que les projets de piratage soient déjoués ou mis en échec !

## 8. Conclusion

On pourrait parler longtemps encore des peurs que soulève le nucléaire.

Le lecteur aura constaté qu'*Energies et Médias* ne les partage pas. Le fait d'avoir travaillé dans ce domaine du nucléaire, en particulier en France, a donné aux retraités d'Areva une grande confiance. Et ceux de nos lecteurs qui ont eu la chance de visiter par exemple l'usine de retraitement des combustibles usés de La Hague - avant que le 11 septembre 2001 oblige à interrompre les visites du public - ont certainement été frappés par l'ordre, la propreté et même la netteté de toutes ces installations, qui sont à la pointe de la technique.

*La redondance des précautions*  
(en termes familiers : la ceinture, les bretelles, etc...)  
est la clef de la sûreté pour une activité comportant des risques potentiels.

Le nucléaire applique cette règle à fond. *Energies et Médias* fera peut-être un jour un numéro pour expliquer, sur des exemples, comment cela se pratique. C'est vraiment la clef.

Le Japon s'est permis, et c'est extrêmement regrettable,  
des écarts par rapport à cette règle, cette hygiène, pourrait-on dire.  
On a constaté les dégâts...

En France, on peut se réjouir que ces pratiques sérieuses et rigoureuses soient uniformément appliquées, sous la surveillance intraitable de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. C'est quelquefois un peu pénible à vivre, mais c'est très efficace.

L'important est d'en arriver à ce que tous les pays nucléaires aient la même rigueur. Certainement les mois qui viennent verront adopter dans le monde des dispositions qui tendent vers ce but.

Alors les peurs face au nucléaire pourront régresser dans le public.

Ce sera bien utile car on connaît les termes de la question cruciale : L'humanité de plus en plus nombreuse aura besoin d'énergie *même si elle devient très économe*. L'énergie nucléaire est une ressource potentielle immense pourvu qu'on développe les réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération. Elle ne produit pas de gaz à effet de serre et contribue donc à lutter contre le réchauffement climatique. Les ressources fossiles, gaz, pétrole, puis charbon, se feront de plus en plus rares. On entrevoit donc une utilisation concomitante des énergies renouvelables et de l'énergie nucléaire... à condition que celle-ci ait fait le nécessaire pour réduire notablement le risque et les conséquences d'accidents graves, et qu'elle ait retrouvé la confiance du public.

[Retour sommaire](#)