

## Proposition de Cahier N°1 d'Acteur CIGEO, du 10 Juillet 2013

Contribution du particulier Hervé DUPERRAY, Ingénieur ESE 1969.

Note: Ayant fait carrière dans les “chips électroniques” à l'international, je n'ai aucun lien ni professionnel, ni de parenté, ni d'amitié avec les industries énergétiques ou nucléaires. Mais je suis très intéressé à titre scientifique par le nucléaire. J'exprime donc un point de vue “depuis la Lune” que tout un chacun peut reconstruire à partir de données incontestables telles que Tables de Physique, de Géologie ainsi que les données quantitatives de production d'électricité nucléaire, grâce à des calculs aussi simples que fiables ne dépassant pas la calculette de base. C'est une vue globale des “pire cas” côté “déchets” et “moindre mal” côté Nature.

### Etat de la Radioactivité Naturelle typique des terrains :

Pourquoi s'intéresser à ceci?

Parce que des considérations s'élèvent au sujet du devenir dans le temps des déchets nucléaires stockés géologiquement. Pour sûr l'érosion finira un jour par démanteler les “verres” des colis et l'étude ci-dessous consiste à évaluer le sujet comme si toutes les barrières artificielles mises en place au fond du puits n'existaient pas depuis le début.

L'érosion éparpillera des matières encore radioactives, *elle ne peut pas faire que cela, elle éparpillera également dans les mêmes conditions les matériaux naturels des terrains tout autour et l'ensemble se retrouvera intimement mélangé acheminé via les ruisseaux, sources, rivières et fleuves vers la mer.* Tout comme aujourd'hui, ce processus enclenché depuis l'émergence des terrains européens il y a 400-500 millions d'années, est parfaitement stabilisé et le restera durant les quelques 0,2 million d'années à venir. **Il est donc très parlant de comparer les stocks de radiations naturels et artificiels et leur évolution dans le temps.**

Ne pouvant faire un état 100% certain de la répartition des isotopes naturels radioactifs présents dans les tous terrains avoisinant le puits de Bure dans un rayon de 2km et jusqu'à une profondeur de 0,5km, on ne peut faire ici d'évaluation sérieuse (donc à *minima*) qu'en se documentant sur les concentrations typiques publiées dans les ouvrages géologiques, par ex. ceux de Dana.

Les Isotopes **naturels** en jeu ici sont:

- Uranium-238 (Alpha) de demi-vie 4510 MA avec très peu de U-235 (710MA) et des traces de U-234, le tout en équilibre millénaire avec les descendants, que l'on peut ramener à un Uranium «équivalent» à 102,4 GBq la tonne-métal (pour utiliser l'unité à la mode). Ses émissions bêta et Gamma sont peu intenses et négligeables ici. Sa proportion minimale dans les roches est de 3grammes par tonne mais peut monter jusqu'à 30 grammes dans certains granites à deux micas (très fréquents en Bretagne, cause des nombreuses poches d'uranium existantes ou déjà exploitées). On ne gardera que l'hypothèse basse.

- Thorium 232 3,8 fois plus abondant mais moins radioactif, équivalent à 75% de son poids en Uranium, cette paire faisant 191GBq la tonne, hypothèse basse.
- Potassium-40, (1260MA) émetteur Béta dur (1,3MeV) présent à 117ppm dans le potassium naturel. Ce dernier entre en moyenne pour 2% de toutes les roches, pouvant monter à 8% dans certains granites. Matériau de base des argiles mais je n'en connais pas la dose dans ceux de Bure. On gardera donc la base de 2%. Le métal naturel produit donc 30,7 millions de Bq béta et 3,4 millions de Bq Gamma durs par tonne.

Les isotopes **artificiels** les plus craints présents dans les colis vitrifiés sont :

- Plutonium et équivalents, tous émetteurs Alpha, dangereux au contact de la chair (0,05 mm, les particules ne vont pas au delà), de demi-vie 24 400ans. Les transuraniens Neptunium (alpha 2,14millions d'années) et Américium (alpha 428ans) produits en quantité moindre sont soit quasiment inoffensifs ou soit disparaissent plus rapidement que le Plutonium. **C'est pourquoi ce dernier a été pris comme tête d'affiche par toute la littérature mondiale,**
- Césium 137 (30ans) et 135 (2,3 millions d'années) émetteurs de particules Béta s'absorbant en quelques millimètres et de rayons Gamma s'absorbant en 20cm d'eau ou de chair vivante, présentent des dangers externes,
- Le Strontium, à 30ans de demi-vie, émetteur Béta et X durs. Assez mobile géologiquement comme son confrère le Césium, à dose notable il constitue un danger interne car sa durée de séjour dans les os est longue.

**Considérons maintenant le volume de terrains** 2km autour du puits de Bure : une surface de 12,6km<sup>2</sup> sur une épaisseur de 0,5km font 6,28km-cubes.

- 1km-cube pèse 2,5 milliards de tonnes, donc contient :
  - 7500 tonnes d'U soit 1,44 PBq (765 000 milliards de Bq ; on voit bien que le Bq est une unité minuscule) en y rajoutant la part du Thorium inévitable,
  - 50 millions de tonnes de potassium naturel soit 1,53PBq de radiations.
  - Les 6,28 km-cubes avoisinant le puits contiennent donc au naturel:
    - 9,1 TBq Alpha
    - 9,6 PBq béta
    - 1,0 TBq rayons Gamma
  - On rappelle qu'un PétaBq correspond à 1 million de milliards d'évènements radioactifs par seconde, le corps humain non contaminé en contenant déjà 8 à 10 000.

Considérons maintenant la quantité d'atomes lourds fissionnés en 100ans, soit 6000 tonnes en France, auxquels on doit rajouter une production de 1200 tonnes de Plutonium (\*), 54 tonnes d'Américium et 80 tonnes de Neptunium. Les produits de fission contiennent notamment 200 tonnes de Césium-135; le Cs-137 et le Strontium s'auto-éliminant rapidement, etc.

- **Quelle est l'activité résultant de l'accumulation de 100ans de la totalité**

**des PF et transuraniens produits, même sans recyclage partiel du Pu (extrait à 99,9% à la Hague)?**

- Alpha 4400PBq Plutonium redevient égales à celle des terrains voisins au bout d'une durée de 210 000 ans, en tenant compte de ses isotopes supérieurs rapidement auto-détruits,
- Alpha 2,1 TBq dûs au Neptunium, de longue durée **mais toujours inférieure dès le début à la radioactivité naturelles du site,**
- Béta: Le plus gênant serait Cs-135 à 0,043PBq la tonne, ici 8,5PBq soit **seulement 88% de la radioactivité naturelle du site.**
- On remarque que les radioactivités des Césium et Neptunium **s'amortiront des milliers de fois plus vite que la radioactivité naturelle... (de 1960 à 2530 fois),**
- Nous avons laissé de côté celle du Césium-137 certes très élevée mais de courte durée: Un calcul simple montre qu'elle passe en dessous de celle du site au bout **de 279 ans seulement.**
- Reste le cas de l'Iode-129 émetteur bêta peu actif mais de 15,5 M Années: 1500 tonnes par siècle produites, génèrent 10TBq. Comme on pense par précaution que le site profond pourrait être mis à nu et détruit par l'érosion en 10 millions d'années, il resterait encore 62% de cette radioactivité qui aurait été progressivement emportée par les eaux courantes car l'Iode est très peu fixé par les minéraux, plantes et organismes vivants. Il irait donc naturellement se dissoudre dans les mers. Il est donc plus sage de le disperser de suite dans les océans, comme on le fait depuis longtemps, en respectant les normes en vigueur. **Strictement parlant, l'Iode ne fait pas partie de Bure.** On pourrait s'inquiéter de l'enrichissement graduel des océans en I-129 ramené par les embruns sur les continents (recyclage quantitativement non évalué) et de son action sur la population. Partant de l'hypothèse très pessimiste que l'iode contenu dans les eaux douces courantes est au même niveau de concentration que celle des océans (je n'ai pas les chiffres mais les autorités les ont), il faudrait 35 millions d'années de production nucléaire au rythme actuel pour que la thyroïde d'un enfant soit autant irradiée par I-129 artificiel qu'elle ne l'est dès aujourd'hui par le Potassium naturel, D'ici là, il est raisonnable de penser que l'Industrie Nucléaire de fission aura consommé tous les uraniums et thoriums facilement accessibles et que d'autres sources seront exploitées.

**On peut donc tirer les conclusions suivantes de ces calculs simples et globaux :**

1- Si les verres ne «tiennent administrativement » que 210 000 ans, alors le Pu résiduel d'alors commencera à être rapidement moins nocif que le site naturel. On rappelle qu'il serait équivalent à une poche de 7500tonnes d'uranium naturel. *Rappelons aussi qu'il existe au Canada plusieurs gisement de 380 000 tonnes d'uranium naturel chacun enfoui à 200-450 mètres sous terre.* Constitués d'une lentille de minerai riche de 300m x 150m x 20m soit 50 fois plus petite en surface que le site de Bure au complet, de tels gisements n'ont pas altéré les êtres vivants de la région. Comme ils sont situés à l'interface d'un socle cristallin très ancien et de couches sédimentaires remaniées par des sources

hydrothermales – configuration très fréquente dans les continents anciens - *il est certain que des gisements de cette importance existent sous les Bassins Parisien et Aquitain mais ne sont encore pas encore détectables.*

2- Un «avantage» du Plutonium est qu'il est immobile géologiquement comme l'ont montré les gisements d'Oklo vieux de 1800 millions d'années, tandis que l'Uranium devient très mobile en milieu humide et tend à remonter vers la surface.

3- Donc au delà des 210 000 premières années, 99.8% du Pu sera converti en U-235 qui est 30 000 fois moins actif et la radioactivité totale du site ne sera plus que de 0,09PBq soit celle d'un terrain ordinaire d'une épaisseur de 10 mètres enterré à 500m sous terre. Même mis à nu, il n'y aura jamais aucun «danger» supérieur à celui de la terre naturelle à moyen et long termes *même dans les centaines de millions d'années.*

4- *Rappelons que la Nature nous irradie en France d'une dose moyenne annuelle de 0,3 milliSieverts résultant des diverses émanations radioactives en provenance surtout du sol. On voit en effet qu'à Bure le terrain de 6,28km<sup>2</sup> considéré contient déjà davantage de radiations naturelles que le site de Bure au bout de 279ans dans le cas d'une récupération à 99,9% du plutonium et transuraniens:*

- *Mais Bure a sa totalité d'émetteurs enfouis à 500m alors que l'enfouissement de la Nature est disséminé depuis la surface et passe par les 500m. Au delà, il se prolonge uniformément jusqu'à 15km de profondeur mais la radioactivité totale n'est plus de 4,8TBq mais se cumulerait à 145TBq.*
- *Une faible partie de cette activité s'échappe sous forme de Radon qui en moyenne pour les français équivaut au danger de fumer une demi cigarette par jour. Bure ne produira aucun Radon nucléaire avant quelques 20 000 ans mais alors à un rythme équivalent à celui produit naturellement par l'uranium naturel contenu dans une épaisseur de 3mètre d'argile, dont aucune partie ne sortira dans l'atmosphère vu sa courte durée de vie, 3,86 jours.*
- *La radioactivité naturelle des terrains ne baissera que de 0,00105 % par million d'année alors que celle du Pu de Bure sera tellement réduite qu'un pavé de rue parisien en granite naturel (1dm<sup>3</sup>, 3000 Bq) sera approximativement aussi radioactif que la radioactivité artificielle de l'ensemble des Plutoniums résiduels stockés du site.*

5- *Un calcul amusant  $550\ 000\text{km}^2 / 6,28\text{km}^2 = 876\ 00$  indique que la France, à l'instar des autres pays, cache déjà dans son sous-sol immédiat l'équivalent de 87 600 sites de Bure chargé ras-bord ! Amusant certes mais instructif, recadrant la réalité des «risques».*

**6- Mais y a-t-il d'autres risques?** Je suis mal placé pour aborder cette partie, mais à lire la littérature, j'ai pu lister les propositions suivantes :

- **Une faille nouvelle traversant le site** ? Obligée d'être sub-verticale elle ne pourrait concerner qu'une minuscule fraction du plan de stockage large de 1km<sup>2</sup>. Au pire 100 colis seraient dérangés. La bentonite étant assez flexible, pratiquement aucune partie en verre ne sera brisée. Au pire que se passerait-il si 100 colis sont cassés ? De surface individuelle de 2m<sup>2</sup> celle-ci ne monterait qu'à

2,4m<sup>2</sup> en cas de fracture probable de biais. 20% d'augmentation de 100 colis sur 10 000 , la belle affaire, à peine 0,2%.. ! *On peut même sans risque en faire l'essai suivant* : Un «colis» faiblement radioactif permettant de suivre ses effluents, pourrait être brisé en quelques morceaux, attaqué par de puissantes solutions acides afin d'amorcer la corrosion, ensuite laissé un an en eaux naturelles oxydantes de surface, rincé puis ces morceaux pourraient être jetés en Seine. Une mesure permanente permettrait d'en quantifier les «fuites» radioactives, mettant un terme final aux différentes opinions contradictoires sur le sujet, sachant que le verre de surface a les mêmes propriétés que celui au coeur de la masse.

- Le même événement tectonique pouvant se produire partout, il s'en produit déjà des centaines de fois plus souvent en France dans les centaines de poches uranifères disséminées dans les massifs granitiques et schisteux: Là, le lessivage sera des milliards de fois plus actif, l'Uranium et certains de ses descendants tels le Radium étant bien plus mobiles que le Plutonium. *A-t-on noté des risques de radioactivité soudainement apparus sur le territoire?*
- ***De futurs prospecteurs ayant perdu trace du stockage de Bure pourraient-ils par malchance faire un sondage profond et traverser un colis de verre de 40cm de diamètre? Parfaitement réaliste, mais même après une longue période de régression technique universelle, étant donné qu'ils auront à disposition des machines assez puissantes pour forer si bas, il est impossible qu'ils n'aient pas de compteurs Geiger en service. Au pire ce sont des prospecteurs sauvages non équipés qui ne perceraient qu'un seul colis: La boue de retour dispersée dans les environs ne sera guère différente de celles remontant de nos jours des sondages qui peuvent (et ont sûrement) traversé des poches riches en minéraux d'Uranium naturel (en Bretagne on a trouvé des boules d'UO<sub>3</sub> pur de 20 cm de diamètre produisant chacune 0,0047 Tbq ?).***
- **Changement massif du régime des eaux souterraines?** Pourquoi pas. Les verres étant très lentement corrodés à hauteur du milliard d'années, le relâchement radioactif ne pourra se réaliser qu'avec des doses journalières infinitésimales produisant une radioactivité supplémentaire indétectable par rapport à celle naturelle. Je crois que des essais laboratoire ont confirmé ceci.
- **Impact d'astéroïde ?** Pour démolir 500m de terrains, le cratère devrait avoir 20 fois davantage en diamètre donc vaporiser soudainement 40km-cubes de terrains, équivalents à une super-éruption volcanique tuant toute vie 500km à la ronde. Le dernier choc étant arrivé en France qu'il y a 200 millions d'années (Rochechouart) il n'y a qu'une chance sur 2000 que le prochain se produise dans les 100 000 prochaines années, date à laquelle la radioactivité artificielle ne sera qu'une trace de celle des terrains remués.
- Je ne vois rien d'autre, mais les professionnels responsables pourraient-ils nous documenter?
- Finalement les autres risques les moins improbables me semblent condensés dans les opérations contemporaines de transport, enfouissement où un accident peut toujours se produire: Excluant la dissémination sous forme de poussières (suite à explosion ou incendie infernal, *risques facilement réduits à zéro par utilisation de chariots électriques et de matières incombustibles*). Le personnel risque cependant de se trouver momentanément en présence d'un cylindre de «verre» de

40cm de diamètre et long de 1m40 sur le sol: Une évacuation rapide s'impose et la récupération devra se faire par machine téléguidée. Je n'ai pas le software permettant d'évaluer la dose reçue par l'opérateur avant son évacuation.

**Ma CONCLUSION:** Au vu de la lenteur connue de l'érosion des terrains et matières remarquablement résistantes à l'eau dans les conditions naturelles; Au vu de la rapidité (géologiquement parlant) de l'auto-disparition du Plutonium et autre trans-plutoniens, lorsque le site de Bure à -500m sera mis à nu il n'y aura, depuis bien longtemps, plus rien comme matériel contaminant.

Même une faille nouvelle subitement apparue mobilisera des quantités d'isotopes radioactifs artificiels très insignifiantes devant celles d'isotopes naturels ramenant en surface bien davantage de radioactivité «tous les jours».

Si mon raisonnement «depuis la Lune» a des faiblesses, merci de nous documenter,