

Jacques Maillard
Docteur d'État en Physique
Chercheur en Physique des Particules et nucléaire, retraité du CNRS

Contribution au Débat National sur les Déchets Nucléaires

Le 24 septembre 2019

Historique,

J'ai, en tant que chargé de recherche au CNRS, participé aux recherches sur le problème des déchets nucléaires, dès 1990, et ai dirigé un contrat EDF/IN2P3 sur ce problème dans le cadre de la loi Bataille de 1991.

J'ai contribué à l'expertise de divers systèmes devant contribuer au traitement de ce problème, systèmes fondés sur l'utilisation d'un accélérateur de particules.

Les opposants à l'énergie nucléaire civile opposent en général trois champs de problèmes rédibitoires qui, à leurs yeux, ne sauraient être résolus : la prolifération nucléaire, la sûreté de fonctionnement et les déchets nucléaires.

Il existe toutefois des liens entre les trois problèmes que nous aborderons, très rapidement, dans cet exposé.

Rappel et énoncé du problème traité ici.

Dans nos réacteurs civils actuels l'énergie de de la fission de l'uranium 235 ou du plutonium 239 provoque une production de chaleur (essentiellement l'énergie cinétique des noyaux lourds, les « produits de fissions »), et l'émission de :

- photons gammas de grandes énergie,
- d'environ 2,5 neutrons,
- de neutrinos.

Je classerai donc les déchets selon trois grandes classe :

1) Les structures irradiées : Les neutrons et les gammas irradient les structures, et leur confèrent une radioactivité à « courte » durée de vie (après quelques dizaines d'années, ces éléments de structure on récupéré leur activité résiduelle normale).

2) Les produits de fission : La fission de l'uranium (ou du plutonium) donne deux noyaux (parfois trois) qui ont une grande radioactivité et sont nocifs, parfois durant plusieurs décennies ou plusieurs siècles, mais constituent un volume faible : 1 gramme de matière, 0,1 centimètre cube en moyenne, pour 1 méga watts jour d'énergie (thermique et électrique comprises) produite (soit l'équivalent de 2 tonnes de pétrole environ. Pour produire 1MW électrique toute l'année, il faudra donc stocker 2kg de produits de fission, un cinquième de litre, ceci correspondant aux besoins d'une cité de 1000 habitants, activités économiques, administrative toutes comprises. Ceci pourrait même comprendre le chauffage en hiver.

3) les actinides produits par l'excédent de neutrons : Les neutrons non absorbés par les produits de fission, par les structures, par le combustible produisant la fission, créent des actinides mineurs dont la durée de vie est grande, la radioactivité en général faible, mais qui sont aussi susceptibles de fissionner, ou de devenir matière fissile.

Je m'intéresserai dans cet article au problème des deux derniers type de « déchets », quoique le troisième ne peut pas être considéré comme un déchet non recyclable. La position US, reprise par nombre d'organisations, et en France nombre d'antinucléaires, est de refuser le retraitement des combustibles usés, opération qui sépare notamment les produits de fission des actinides. La mise en œuvre de cette position amène à multiplier par un facteur entre 25 et 30 les déchets (selon la composition initiale du combustible) , et interdit l'utilisation à terme de cette immense source d'énergie.

Situation actuelle

-Concernant les déchets du troisième type, la position actuelle française, donc condamnée par les opposants, est celui du retraitement (La Hague). Ce retraitement consiste en premier lieu à séparer les produits de fission du reste du matériau de combustible usager. Il permet en particulier la réutilisation du plutonium dans les réacteurs électrogènes, soit dans les actuels PWR français, soit dans les réacteurs à sodium, comme ceux qui ont été fermés (phénix et Superphénix) ou dans les futurs réacteurs de « 4ème génération ». dont un des programmes consiste justement au développement de réacteurs surgénérateurs, à sodium liquide particulièrement .

Il faut souligner que l'utilisation du thorium, souvent opposé à l'uranium, implique le retraitement, car le thorium n'est pas fissile, et doit donc être soumis à un flux intense de neutrons ,qui le transmutent en uranium 233. Ce flux de neutrons ne peut provenir que d'une source auprès d'un accélérateur (solution utilisée au début du programme nucléaire US, ou d'un réacteur nucléaire.

Le paradoxe est que parmi les opposants aux programmes français (hier Super Phénix, aujourd'hui l'EPR et Astrid,), se trouve notamment des grands laudateurs de la 4ème génération et du thorium.

Le gouvernement vient de décider l'arrêt du programme de recherche et de développement sur Astrid, ce qui est une grave erreur pour l'avenir de notre pays, que ne font aucune des grandes puissances émergentes, Inde, Chine et Russie. Associée à la mise en difficulté d'Areva par un processus similaire à la dislocation et à la vente (bradage) d'Alstom à l'étranger, cette décision provoquera une perte d'expertise irréparable pour une économie budgétaire dérisoire.

-Concernant les déchets du second type, les produits de fission, la proposition actuelle est l'enfouissement dans des couches géologiques profondes, mais réversibles. Les connaissances en géologie permettent de prévoir les mouvements de terrain, mais la réversibilité assure qu'une autre solution devenant accessible, les techniques et la science évoluant, on pourra la mettre en œuvre.

Si, dans les temps futurs, des envahisseurs incultes s'emparaient du territoire concerné et se retrouvaient irradiés, par leurs actes irréfléchis, cela ne nous concerne pas.

Quelques voies d'études.

Si on veut éviter l'enfouissement ou le stockage en surface, on pourrait envisager l'envoi dans l'espace, soit dans un point « récupérable », tel le point de Lagrange entre la France et la Lune, stable dans le temps, soit sur le soleil ou dans l'espace lointain, où ces déchets seraient noyés dans la radioactivité générale.

Pour envoyer dans l'espace de tels colis il faut assurer une sécurité suffisante et un coût raisonnable.

Deux solutions sont actuellement envisageables :

-L'utilisation d'une fusée standard, mais où les déchets seraient dans une enveloppe d'acier qui résisterait, telle celle des obus des cuirassés d'antan, obus qui perçaient des dizaines mètres de roche, largement plus que l'atmosphère terrestre, ne représentant l'équivalent mécanique que de 3 mètres de roche. Un dispositif électronique associé à cette enveloppe permettrait, en cas d'incident, à retrouver cette charge sans problèmes.

-L'utilisation de canon électrique (« rail gun dans le langage des spécialistes anglo saxons), canons étudiés et à l'état de prototype dans tous les arsenaux, et développés, en Europe à l'Institut franco-allemand de Saint Louis en Alsace. Le canon (classique, chimique) Babylone que L'Irak de Saddam Hussein avait développé, dont le prototype avait 40 mètres de long et qui devait être suivi par un de 80 mètres de long, avait pour objectif d'assurer le lancement de satellites à un coût très faible. Il représentait une menace stratégique, mais aussi commerciale, pour les grandes puissances spatiales.

Un seul envoi de fusée suffirait à envoyer les déchets annuel de plusieurs réacteurs en France, à un coût inférieur, et de beaucoup, à la dîme payée aux actionnaires, et aux subventions pour les prétendues « énergies renouvelables ».

Il faut toutefois souligner que des structures en béton qui ont résisté des millénaires, en zone sismiques, existent : le temple du Panthéon, à Rome, ne présente dans sa structure aucune fracture.

Un autre aspect du problème doit être étudié : ce qui apparaît comme un déchets aujourd'hui peut

s'avérer demain comme un source intéressante de matériaux utiles. Par exemple les gisements d'or et de plomb d'autrefois, ceux de terres rares aujourd'hui, contiennent des réserves d'uranium et de thorium dont on ne savait pas quoi faire, et étaient chimiquement et radiologiquement dangereuses. Ces deux matériaux, l'uranium aujourd'hui, le thorium demain, sont des réserves d'énergie qui assureraient à notre pays des siècles d'autonomie. Certains produits de fission peuvent devenir des éléments susceptibles de nous servir un jour. De nombreux éléments radioactifs sont utilisés pour diverses sources nécessaires à la recherche, à l'industrie et au médical, et se désintègrent en éléments chimiques rares.

L'un des problèmes des produits de fission vient de leur mélange. La physique de la fission nucléaire implique une répartition aléatoire des résidus chimiques et isotopiques, qui pourraient avoir un traitement séparé et spécifique. Actuellement le tri sélectif de ces déchets coûterait très cher et répandrait plus de radioactivité que celle que l'on veut éviter. Mais demain il se peut que certaines techniques, par exemple de nouveaux types de calutron (système utilisé lors du plan Manhattan lors de la seconde guerre mondiale aux USA pour séparer les isotopes de l'uranium, nécessaire à la fabrication de la première bombe nucléaire) soient redevenues intéressantes.

C'est aussi, à une échelle moindre, le problème de la séparation entre les différentes formes d'actinides, car trop pousser le tri peut coûter très cher, et engendrer plus de problèmes qu'en résoudre.

Les voies nouvelles des réacteurs

Nous avons déjà relaté les contradictions qui agitent les opposants sur la question des réacteurs de 4^{ème} génération. Ce ne sont pas les seules. Actuellement une grande émotion est provoquée à propos des réacteurs sur barge russes. Il est intéressant de noter qu'une telle émotion n'a pas lieu lors du stationnement de porte avions nucléaires US dans nos ports : le 27 avril de cette année, une magnifique photo publiée par le site Mer et Marine, montre le Stennis, porte-avions US de 100 000 tonnes propulsé par deux réacteurs de 100 mégawatt, amarré en plein de port de commerce, au milieu de gigantesques paquebots qui le font tout petit, à quelques encablures du centre ville de la cité phocéenne...

Les « petits réacteurs », (puissance inférieures à 300 MWe) étudiés pour les navires, fiabilisés par les contraintes civiles ou militaires du milieu marin, peuvent présenter un intérêt pour la gestion des déchets.

A partir de 1990 je me suis penché sur la conception de réacteurs dits « hybrides », c'est à dire couplés à des accélérateurs, dans le but d' « incinérer » les déchets nucléaires. A cette époque, Los Alamos, le célèbre laboratoire US qui avait été fondé pour la fabrication de la bombe atomique, proposa aussi l'étude de tels système. Peu après une proposition fut faite par le directeur du CERN, sur le même principe, dont je du faire la contre expertise dans le cadre de mon contrat avec EDF. Ce projet, officiellement soutenu par les verts et une partie du PS, portait de telles déficiences, dangers et inepties, qu'il fut finalement abandonné, heureusement, avant qu'une construction de prototype fut entreprise, et suite à quelques petits incidents de radioactivité.

Les recherches que nous avons entreprises, au CNRS d'abord, et aujourd'hui avec le centre DEMOKRITOS de Grèce, nous ont amenés à examiner la possibilité de « petits » réacteurs pilotés par accélérateurs, du type « bougie » (« Candle reactors », ou « réacteurs à soliton »). Ce type de réacteur aurait pour caractéristique que le coeur se consumerait comme une bougie, transformant la matière fertile (uranium 238 ou thorium) en fissile (uranium 233 et plutonium 239), et consommant la matière fissile initiale (uranium 235, uranium 233, Plutonium 239), le combustible étant chargé pour la durée de vie du réacteur, ou simplement pour une recharge entre deux visites décennales.

La cuve du réacteur étant de dimension réduite, on peut même imaginer son remplacement direct.

Les produits de fission restant une voire plusieurs décennies dans la cuve, ils sont irradiés par les neutrons de fission (la principale source de capture des neutrons est l'absorption par les produits de fission, en dehors de celle par la matière fertile). On peut donc envisager l'absence de piscine de refoisonnement.

Actuellement, la technologie des accélérateurs semble imposer une limite autour de 200 MW de la puissance de tels réacteurs. Les « petits réacteurs » (« SMART » : small, modular, autonomous, reactor transportable- réacteurs petits, modulables, autonomes, transportables) ainsi que les réacteurs de type « bougie » font l'objet d'études dans le monde entier.

Malheureusement, contrairement aux pays émergents déjà cité, en Union Européenne, et en France en particulier, les programmes sur ce sujet sont arrêtés, réduits, ou condamnés.

Les nuisances de l'énergie nucléaire

Peut être qu'une manière d'aborder le problème, est d'examiner celui ci sous l'angle des nuisances, nuisances à l'homme et à l'environnement, dans le temps, dans l'espace , et en coût de travail, d'argent.

Le choix en matière de déchets, repose souvent sur l'alternative : concentration ou dilution.

Le nucléaire est une multiplication par un million , voire plus de l'énergie en volume et en poids.

Les déchets accompagnent cette production, mais pas linéairement. Les déchets ultimes sont donc proportionnellement moindre que ceux des autres modes de production. Même pour les prétendues « énergies renouvelables » qui nécessitent l'usage massif d'éléments chimique néfastes, les terres rares en particulier. La production de ces terres rares répand de la radioactivité : par exemple, à la Rochelle, pour libérer des terrains en bord de mer, il fallut que 100 000 euros fussent dépensés, uniquement pour que deux mètres cubes de terre radioactives soient expédiées en Belgique, où se trouve le siège de Rhodia (Sud Ouest du 26 mai 2018).

De plus les parc éoliens multiplient sur le sol français et les fond marins des empreintes de béton armés (1500 tonnes à terre pour une éolienne de 8MW) dont la destruction coûtera chaque fois des centaines de milliers d'euros. Enfin les composites qui forment la structure devront être aussi retraités après leur temps de vie (10, 20 ans?). Enfin une immense surface (1km² par éolienne, soit plus de 20000 km² dans quelques années, plus les futures lignes Haute Tension) voit son paysage gâché, son environnement affecté (infrason, destruction d'oiseaux, ...) par les gigantesque machines et les réseaux électriques de haute tension. De même pour les centrales solaires et photovoltaïques.

Les énergies intermittentes (dites « renouvelables ») impliquent des réseaux sur dimensionnés, car il faut pouvoir à tout moment (passage des nuages, sautes ou chutes de vent) adapter la puissance à la consommation, en injectant ou en évacuant des puissances qui peuvent être phénoménales.

Entre les centaines de milliards d'euros investis pour ces centrales éoliennes et photovoltaïques (au moins 300), les autres centaines pour les réseaux électriques (au moins 200 dans un premier temps), les coûts engendrés par ces prétendues « énergies renouvelables », associés aux dommages causés à l'environnement, en matière de béton, occupation de surface, rendent les nuisance de ces énergies incomparables, vu le coût du programme nucléaire français (environ 80 milliards de nos euros actuels) et des surfaces occupées, même en cas de catastrophe sans doute, une catastrophe étant évitable.

Les allemands doivent revoir les dépenses à la hausse, allant même jusqu'à prévoir un montant final de 3000 milliards d'euros, associé à un massacre substantiel de l'environnement, provoquant d'ailleurs des mouvements « de gilets jaunes » contre les nouvelles lignes haute tension, selon l'hebdomadaire allemand Spiegel du 4 mai 2019.

Ces réseaux doivent être associé à des centrales , essentiellement thermique, vu 1) la restriction actuelle et la destruction à terme du nucléaire, déjà en cours chez nos plus proches voisins 2) la saturation de l'hydraulique 3) les limites du stockage en batterie. Ces centrales thermiques, très juteuses pour leurs propriétaires privés, produiront donc à terme les deux tiers de l'énergie, au moins, faisant flamber la production de gaz à effet de serre, qui ne font qu'augmenter, en France et en Allemagne, suite à la « transition énergétique ». Oh paradoxe pseudo écologique !.

Les « énergies » renouvelables » ont donc pour effet de diluer les nuisances, sur tout le territoire, tout en les multipliant.

Conclusion

Lors de plusieurs entretiens privés avec des responsables écologiques, dans les années 90, ceux ci m'ont avoué que le seul problème réel était celui de la prolifération, les autres permettant en fait de convaincre la population de la nécessité de l'abandon de cette source d'énergie, et donc de toutes les études et recherches associées (ce que le gouvernement actuel de la France, subrepticement, met en oeuvre).

Le plan des « énergies alternatives » va coûter des centaines de milliards d'euros, entre les centrales de production, les réseaux. Il nécessitera l'importation de combustibles fossiles pour produire les deux tiers de l'électricité, provoquant une augmentation massive des gaz à effet de serre (déjà en cours), des déficits et des coûts pour les entreprises, les administrations, et les particuliers. Il détruit nos paysages, l'harmonie de nos cités et de nos villages. Il dresse par la corruption qui l'accompagne les citoyens les uns contre les autres. Il s'appuie sur une déculturation scientifique et technique, une « technophobie » qui refuse à l'homme l'idée même de maîtriser son destin. Cet argent est gaspillé, car il pourrait notamment, vu son ampleur : construire de nouvelles centrales, construire un réseau de transport de chaleur issu de nos centrales, améliorer encore la gestion et le traitement des déchets, enterrer les lignes haute tension actuelles, isoler les logements, électrifier et construire de nouvelles lignes ferroviaires...

Le coût de cette décision, en matière de souffrances induites, de ressources gâchées, de dépendance dangereuse, ne peut se comparer, à mon avis, qu'aux décisions absurdes et criminelles des deux Napoléons au XIXème siècle, concernant la politique de guerres d'agression (Italie, Espagne Russie, etc, pour le premier, Chine, Mexique, Russie, Prusse, etc pour le second).

Dans les deux cas, les décisions ont provoqué une défaite, l'occupation étrangère, la perte de territoires, un affaiblissement et un appauvrissement massif du pays, qui malgré tout a pu se relever. Mais, aujourd'hui, la destruction de tout notre patrimoine scientifique, technique, industriel, lié au nucléaire peut être beaucoup plus difficile à reconstruire. Et ceci d'autant plus qu'il se fait « sous anesthésie », intellectuelle, financière, et pacifique. Et que cette destruction n'est pas la seule en oeuvre.

Références :

- 1) Livre de Monsieur Bernard Durand, à paraître, « L'éolien en France »
- 2) Thèse de Madame Fabienne Bacha, « « Simulation de transmutation de déchets nucléaires par accélérateurs », juillet 1997, Orsay