

# **L'énergie nucléaire civile dans le cadre temporel des changements climatiques**

***Un rapport qui propose un tour d'horizon des questions que pose le nucléaire civil et, en particulier, l'aval du cycle. Avec une ambition affichée : donner à chacun les moyens de se forger sa propre opinion, et un message essentiel : le nucléaire civil est incontournable et la seule solution au problème des déchets est un enfouissement en profondeur. Sauf à risquer une crise sanitaire de grande ampleur.***

*Rapport à l'Académie des Sciences  
par Robert Daustray,  
membre de l'Académie des sciences\**

*Une analyse de Michel Turpin,  
Vice-président de l'ERAP*

L'auteur propose une analyse scientifique des sujets de préoccupation engendrés par l'utilisation civile de l'énergie nucléaire : ce sont les questions des accidents nucléaires, des risques présentés par les radiations, du devenir des déchets, de celui du Plutonium (Pu) et des actinides qui l'accompagnent, de la prolifération et des

risques posés par les menaces terroristes.

Cette œuvre scientifique est d'abord destinée à des scientifiques puis à tous ceux qui acceptent de faire l'effort de compréhension qu'exige la densité du texte pour qui n'est pas spécialiste du domaine, même s'il dispose des bases indispensables. Mais l'auteur en donne la quintessence en des termes clairs, simples et compréhensibles par chacun dans un « Résumé pour non spécialistes » présenté en tête de l'ouvrage et dans la cinquième partie, « Conclusion » qui, en trente pages, donne

une vue d'ensemble, une proposition d'action et un message que nous reproduisons en encadré dans cet article.

L'auteur indique clairement l'ambition de son travail [1] : « Ce rapport a notamment pour objectif de vous donner les arguments pour vous forger une opinion personnelle, poser des questions scientifiques pertinentes et apprécier la validité des réponses, quelle que soit votre position: arrêter l'électronucléaire ou bien conforter un avenir nucléaire valable à notre pays, comme il me semble opportun de l'envisager ».

\* Editions Tec et Doc, 11, rue Lavoisier, 75008 Paris - Décembre 2001.

A cet effet, il fournit des résultats basés sur une analyse exhaustive des résultats actuels du travail des techniciens et des savants. Il met ainsi en évidence ce que nous savons et ce que nous ignorons.

L'industrie nucléaire ne pourra en effet continuer à exister que si on trouve des solutions acceptées par les citoyens, aux problèmes soulevés par son activité. Et même si on décide, comme l'ont fait aujourd'hui la Suède et l'Allemagne, qu'il faut cesser de recourir aux centrales nucléaires pour produire de l'électricité, le problème de l'aval du cycle, c'est-à-dire du devenir des combustibles usés, des produits de leur retraitement et des différents types de déchets qui ont été, sont et seront inéluctablement générés, doit trouver une solution. C'est à ces problèmes de l'aval du cycle qu'est consacré l'essentiel du rapport.

Ces déchets constituent pour l'avenir proche et lointain une source de dangers qu'il faut maîtriser, question difficile et controversée qui fait l'objet de vifs débats. Or, ces débats sont souvent étouffés par la véhémence d'opposants irréductibles et pervertis par les objectifs propres de certains des acteurs, et non des moindres. Entraînés par leurs convictions et leur foi dans les progrès scientifiques qu'ils se sentent capables de produire,

ils peuvent promettre des résultats irréalistes allant parfois bien au-delà des exigences raisonnables de sécurité et de santé publiques, et omettre d'indiquer les aspects négatifs de certaines de leurs propositions ainsi que les publications dans des journaux scientifiques avec comité de lecture qui étaieraient leurs propos.

Le message essentiel de M. Robert Daustray est qu'il est indispensable d'avoir une base de connaissances admise par tous, pour juger des différentes propositions et décider des voies à suivre et que le programme en cours en France depuis la loi Bataille de 1991 devrait, pour l'échéance de 2006, se fixer comme objectif essentiel de définir : « *Un critère général de protection et de confiance des populations et des travailleurs concernés, élaboré par leurs représentants élus, donc par la puissance publique.* » [2].

Je souligne ici le mot « concernés » car souvent les opposants ne sont pas ceux qui subiront les conséquences des décisions mais des militants venus parfois de très loin. Par ailleurs, la confusion des critères utilisés par chacun des protagonistes conduit à cette nécessité de placer la confiance du public au cœur du débat.

L'auteur va proposer des éléments pour établir un tel critère. Avant de les présenter, je

voudrais m'arrêter sur un aspect essentiel de l'industrie nucléaire : le raccourcissement des demi-vies des corps qu'elle crée et manipule.

## **Le raccourcissement des demi-vies**

Une des grandes difficultés des choix à effectuer pour parvenir à un tel critère de protection et de confiance vient de la dimension temporelle. Comment comparer des risques à court et moyen termes (de la décennie au siècle) avec des risques à très long terme (de 10 000 à 1 000 000 d'années) ? Il y a là un affrontement entre ceux qui fondent tout sur la pérennité des structures sociales humaines et ceux qui ont beaucoup plus confiance dans la stabilité des structures géologiques naturelles connue sur des échelles de temps largement supérieures, pour beaucoup, au million d'années.

Le danger des produits de l'industrie nucléaire est très grand sur le court terme, en effet [3] : « *Faire fonctionner l'électronucléaire comporte de remplacer des corps à vie très longue - demi-vie de l' $U_{238}$  : 4,47 milliards d'années ; demi-vie de l' $U_{235}$  : 0,7 milliard d'années - par des corps à vie plus courte.* »

C'est le cas des produits de fission, dont seul l'iode 129, pro-

Chapitre 20 pages 193-194

## Tout ce rapport tient en un seul message

Le seul choix qu'ont la population française et les travailleurs concernés, compte tenu des particularités françaises géologiques, géographiques, agricoles, démographiques est :

- ✓ soit enfouir profondément tous les déchets B, les verres C et les résidus de traitement des MOX, lesquels ne constituent plus un appât pour ceux qui recherchent des matières pour fabriquer des armes nucléaires (ceci veut dire retraiter tous les UOX, irradier les MOX). Il ne plaît à personne d'avoir des dizaines de milliards de Ci dans le sous-sol, mais ce rapport a montré que ceci ne présente aucun danger pour ce siècle, le suivant, et même aussi loin qu'on puisse prévoir dans le temps ;
- ✓ soit garder, bien entreposés, ces dizaines de milliards de Ci (près d'un million de fois ce qui a été dispersé à Hiroshima) et ces centaines de milliards de Sv potentiels (10 à 20 Sv sont létaux) sous prétexte de traitements divers futurs, habillés de mots savants. Ces déchets radioactifs et radio-toxiques, les plus importants du monde après ceux des Etats-Unis et la Russie, seront par définition accessibles, et donc potentiellement sujets à tous les aléas, les adversités, les malveillances, les chantages.

**En définitive, il n'y a qu'une seule solution à l'aval du cycle, c'est d'en-**

**fouir profondément tous les déchets radioactifs (y compris ceux issus du traitement adéquat du plutonium et de ses descendants). Ne pas le faire dès que cela deviendrait possible, conduirait à augmenter un risque potentiel infiniment plus grave que tous ceux qui sont advenus en France dans le domaine de la santé publique depuis la fin de la dernière Guerre mondiale.**

Se lancer notamment dans d'autres entreprises scientifiques dans le cadre de l'aval du cycle, en dispersant les efforts qu'il faudrait focaliser sur l'enfouissement et tout ce qu'il nécessite pour le préparer et l'accompagner, c'est contribuer à accroître les aléas et leurs conséquences éventuelles d'adversités, qui peuvent conduire peut-être à de très grandes atteintes à la santé publique.

Quant à cet enfouissement des déchets radioactifs, c'est une entreprise longue, complexe, carrefour de nombreuses disciplines scientifiques où le plus dur reste à faire, car nous avons, et des retards, et des handicaps substantiels. Toutefois, la faisabilité scientifique ne fait pas de doute pour l'auteur.

Pour réussir le plan d'action décrit au chapitre 19, il paraît indispensable de mobiliser en priorité les compétences nécessaires.

Tout ce rapport donne au lecteur les arguments pour en juger lui-même, pour poser des questions pertinentes à des interlocuteurs et pour apprécier la valeur des réponses.

duit en faible quantité, a une demi-vie de 15,7 millions d'années, alors que la plupart du temps cela va de 8 jours (Iode 131, bien connu depuis Tchernobyl) à quelques dizaines d'années (Césium 137, 30 ans, Strontium 90, 29 ans). Mais c'est aussi le cas pour les actinides. Si le Plutonium 239 a une demi-vie de 24

100 ans, le Plutonium 241 a une demi-vie de 14 ans et son descendant, l'Américium 241 de 433 ans.

Or, un produit radioactif dégagera un flux d'autant plus important de Becquerels (Bq) que sa demi-vie sera courte. Toute opération mettant en œuvre des réactions nucléaires va aller dans ce sens de raccourcissement des demi-vies et donc augmentera, parfois considérablement, le danger potentiel présenté à court terme par les éléments à vie courte ainsi fabriqués. Or, c'est sur ce court terme, qui se compte en décennies, que doivent intervenir les manipulations que devront effectuer les travailleurs de l'industrie nucléaire. C'est aussi pendant cette période que combustibles et déchets sont et seront entreposés, c'est-à-dire par définition accessibles, peut-

être très facilement si l'organisation de la société s'effondre.

**La politique ne peut pas être la même dans tous les pays et, dans le strict cadre de nos frontières, le retraitement est pour la France une nécessité. Mais, compte tenu de l'absurdité de la notion de frontières à l'échelle des temps géologiques qui est celle des stockages souterrains, pourquoi refuser de raisonner au niveau de l'Europe ?**

L'industrie nucléaire française produit environ 11 milliards de Curies (Ci) par an (1 Ci vaut 37 milliards de Bq), dont il reste un peu moins de 4 lorsqu'on en a enlevé le Pu par le retraitement. Dans mille ans, ce chiffre sera divisé par 1 000 et dans 100 000 ans par

presque un million, revenant ainsi à la radioactivité initiale de l'Uranium utilisé car celle-ci, dans un million d'années, sera pratiquement la même qu'aujourd'hui.

## **Les contraintes de la géographie et de la géologie**

La France est un pays peuplé, dont la géographie et la géologie sont complexes. Un seul site de stockage est actuellement à l'étude : le laboratoire souterrain de l'Andra à Bure dans les argiles du Bassin parisien. Les caractéristiques de l'argile et la position du site entraînent des contraintes fortes sur le dégagement thermique des colis. Il faut égale-

ment estimer à partir de l'expérience les risques de migration des radioéléments toxiques, en particulier les plus mobiles, quand ils auraient franchi, par un accident particulier, les différentes barrières érigées autour d'eux.

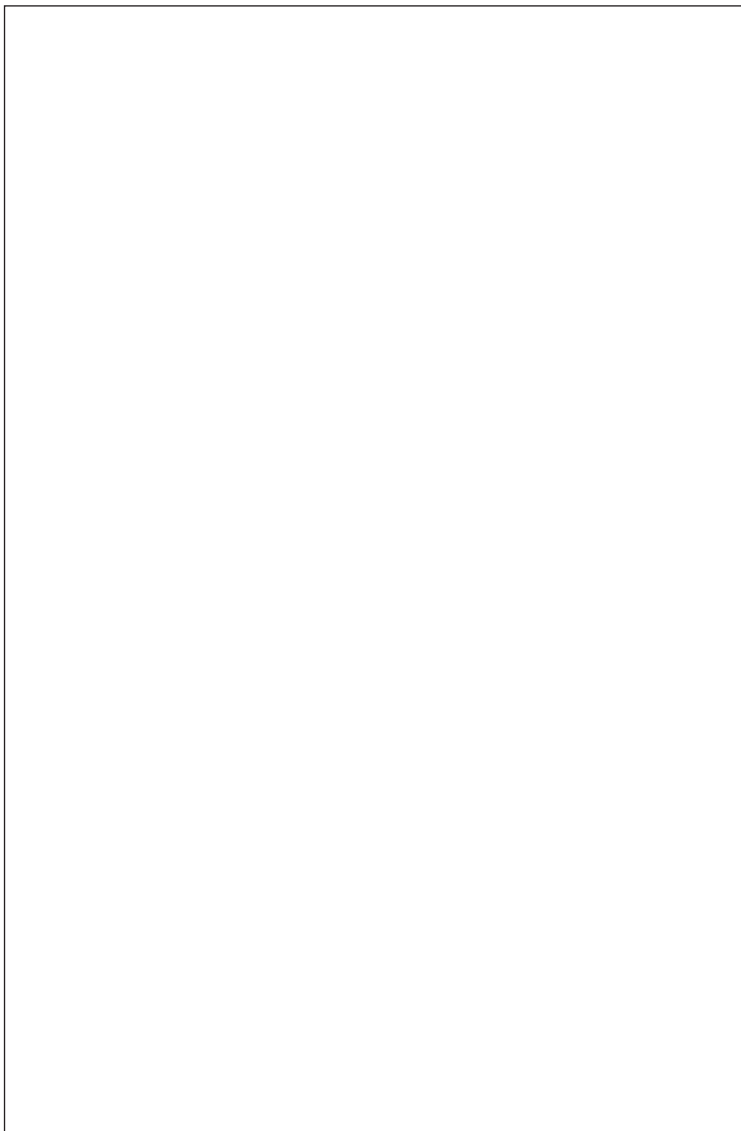
Dans son abrégé l'auteur propose [4] : « *qu'un deuxième laboratoire souterrain complémentaire soit en pleine exploitation dès que possible.* »

Il s'agit du laboratoire programmé par la loi, qui n'a pas pu voir le jour face à l'opposition véhémente et violente des opposants au nucléaire.

La situation est très différente dans des pays qui disposent de vastes espaces désertiques (Etats-Unis, Canada) ou de formations granitiques dont les exutoires vont directement à la mer (Suède). La politique ne peut pas être la même dans tous les pays et, dans le strict cadre de nos frontières, le retraitement est pour la France une nécessité. Mais, compte tenu de l'absurdité de la notion de frontières à l'échelle des temps géologiques qui est celle des stockages souterrains, pourquoi refuser de raisonner au niveau de l'Europe ?

## **Les bases scientifiques**

Avant d'en venir aux problèmes scientifiques de l'aval



*La France ne pourra faire l'économie d'un plan Plutonium. Elle dispose pour le mettre en œuvre d'un outil indispensable : l'usine de retraitement de La Hague. Mais elle a renoncé à un autre outil tout aussi indispensable, le réacteur à neutrons rapides. Les raisons de ce renoncement et la décision de démolition du réacteur Superphénix n'ont jamais été expliquées au public.*

du cycle, il faut rappeler les bases scientifiques sur lesquelles s'appuient les analyses des risques présentés par le nucléaire. L'auteur s'est adressé au Pr Birkhofer de l'Université de Munich pour traiter de la sûreté nucléaire et

au Pr Maurice Tubiana, membre de l'Académie des Sciences et président de l'Académie de Médecine pour traiter de la radioprotection. Le professeur Birkhofer, conseiller auprès du directeur général de l'OCDE, est consi-

déré comme le meilleur spécialiste mondial de ces sujets. La renommée du professeur Tubiana est largement reconnue dans notre pays et par l'ensemble de la communauté scientifique mondiale.

Sur ce point de la radioprotection, il est important de souligner que les résultats les plus récents des travaux scientifiques conduisent à reconnaître la nécessité de réexaminer les règles de la radioprotection, qui sont fondées sur une hypothèse incorrecte : celle de la linéarité jusqu'à zéro de la relation dose-effet. Or les critiques de la quasi-totalité des opposants au nucléaire se basent sur ce socle et sur les peurs qu'il permet de provoquer dans le public, par des calculs dont on ne fournit pas les bases et dont on ne dit pas qu'ils reposent sur des raisonnements récusés par tous les organismes scientifiques.

L'auteur se réserve de traiter le problème de la non prolifération dans le cycle du combustible civil, sujet dont il est un expert reconnu. En 1993, l'administration Clinton affirmait le lien entre les objectifs de non prolifération et le traitement des combustibles usés et renonçait au retraitement.

L'auteur constate n'avoir pas trouvé dans la littérature publique des éléments crédibles pour infirmer ou confir-

mer cette thèse. Seule l'Académie des Sciences britannique dit qu'on ne pourrait fabriquer, avec le Plutonium ainsi séparé, qu'une arme rudimentaire. Mais cette décision du Président Clinton reste un argument très souvent utilisé contre le programme français de retraitement.

Pourtant, il est contradictoire d'enfouir à Yucca Mountain ces éléments de combustibles

usés puisqu'on constitue ainsi une mine artificielle d'un Plutonium jugé par le gouvernement américain utilisable pour fabriquer des armes. Or, quand on recycle le Pu en utilisant le MOx, on obtient à la fin de ce cycle, dans le combustible usé, un Pu dénaturé qui ne peut plus être utilisé pour une arme nucléaire [5] : « Au point, que ce procédé de fabrication et d'irradiation des MOx a été accepté

par les Etats-Unis pour rendre inapte à tout emploi militaire le Pu de la Russie. »

En fait, ajoute l'auteur [6], et ce texte fut écrit avant le 11 septembre 2001 : « Le danger le plus pressant aujourd'hui est la dispersion par le moyen d'un explosif ou bien d'autres procédés, de matériaux radioactifs toxiques. »

Et il souligne le très grand intérêt d'un autre produit pour la prolifération, le Tritium. Or les centrales basées sur la fusion nucléaire utiliseraient d'énormes quantités de cet élément pour fonctionner. Le risque d'en voir une partie, même infime mais suffisante pour la confection d'armes nucléaires sophistiquées, détournée à des fins terroristes serait donc grand, ce que se gardent bien de mentionner les promoteurs de cette voie.

### Les problèmes spécifiques du nucléaire français et leurs solutions

✓ Traitement des déchets radioactifs. Il n'y a pas d'obstacles scientifiques et techniques dirimants. L'outil essentiel est l'enfouissement, l'entreposage permet de rendre compatibles des phénomènes à constantes de temps différentes et notamment de donner au refroidissement des éléments combustibles usés et des verres C, les délais nécessaires issus de la physique, de l'hydrothermomécanique et des sciences de la Terre. Tout peut être mis en route durant les deux prochaines décennies.

✓ Traiter le transitoire entre l'accumulation actuelle du plutonium et son utilisation prioritaire future. Plusieurs solutions peuvent être mises en route durant les prochaines décennies. Des choix seront à faire parmi ces solutions.

✓ Augmenter encore plus la sûreté des installations nucléaires : il faut mettre en route l'EPR durant les deux prochaines décennies.

✓ Radioprotection : augmenter dès que possible les ressources de la radiobiologie et l'épidémiologie.

✓ Contribuer dès à présent, à l'aide des sciences, à maîtriser la prolifération.

### Les bases d'un critère général de protection et de confiance

L'auteur explicite ces bases dans le cas des déchets radioactifs de haute activité à vie longue mais il est clair qu'on peut le faire sur des bases similaires pour toutes les opérations de l'activité nucléaire.

Il recense cinq critères de nuisance.

✓ *La radioactivité* : on a vu plus haut que l'activité nucléaire créait beaucoup de radioactivité. Les documents de l'annexe établie par l'Andra le montrent, environ 40 milliards de Ci en quarante ans de fonctionnement du parc nucléaire français [7]. Il faudra un million d'années avant que cette radioactivité revienne au niveau du minerai initialement utilisé pour produire l'énergie.

✓ *La radiotoxicité potentielle* qui caractérise le danger sanitaire. Elle dépend des caractéristiques de l'émission des radioéléments et s'exprime en Sieverts (Sv). Le document 65 [8] donne les coefficients de passage du Becquerel au Sievert. On y voit que les produits de fission sont 10 000 fois moins nocifs que les actinides. Le Plutonium et ses descendants sont la source majeure de la radioactivité des déchets, même après retraitement. En effet, dans tout procédé il y a des pertes et si 0,2 % du Pu se retrouve dans les verres issus de retraitement, par sa nocivité et celle de ses descendants, en particulier l'Américium (Am), il reste quand même la principale source de toxicité [9] à court, moyen et long termes.

✓ *L'effet sur l'homme* : l'évaluer implique de connaître l'exposition des hommes. Cela ne peut

être fait que par le calcul à partir d'hypothèses et de scénarii imaginés. Mais comment comparer le risque des manipulations durant les prochaines décennies ou celui d'une intrusion volontaire dans un entreposage de déchets vitrifiés ou de combustibles usés, dans les décennies, les siècles et les millénaires qui viennent, aux résurgences qui viendraient dans des milliers, voire des centaines de milliers d'années, d'un stockage géologique profond et pourraient produire des traces dans les cycles hydrologiques et, éventuellement, la biosphère?

✓ *Puissance thermique résiduelle* : c'est un paramètre essentiel pour la conception des stockages et pour juger de l'acceptabilité de certains colis de déchets ou de combustibles usés. Moins bon conducteur de la chaleur que le granite, l'argile semble très mal adaptée au stockage des éléments MOx irradiés dont l'émission thermique diminuera très lentement.

✓ *Prolifération* : plus que le risque de fabriquer une bombe, c'est celui de disperser des produits radioactifs dans l'atmosphère qui est le plus préoccupant.

L'auteur utilise ces critères pour évaluer la nuisance des déchets radioactifs à vie longue et en tirer des propositions d'action, mais il rappelle

[10] : « En un mot, c'est le critère général de protection et de confiance retenu qui fixerait presque toutes les caractéristiques du traitement des déchets radioactifs. »

Et, si ce critère doit être basé sur les critères scientifiques et techniques, son élaboration est un acte politique qui doit fonder un pacte de confiance avec le public. Or la confiance se mérite et il faut pour cela donner au public les moyens de vérifier ou de faire vérifier que ce critère est bien respecté.

## Le stockage souterrain

Pour l'auteur, l'utilisation du critère fondamental permettrait de définir le devenir des produits radioactifs formés et de choisir ceux qu'on déciderait d'enfouir dans une couche géologique profonde. Ce seraient, en particulier, les verres C qui, dans le cycle actuellement mis en œuvre en France, rassemblent 92 % de la radioactivité produite (hors Pu et ses descendants séparés par le retraitement), à condition de les placer dans des conteneurs appropriés qui restent à définir. Avec les connaissances actuelles, on est sûr, pour un site d'argile du Bassin parisien, que la dilution et l'échelonnement dans le temps des relâ-

chements conduiront à des niveaux de radioactivité en surface inférieurs à la radioactivité naturelle de beaucoup de terrains. Aucun entreposage en surface ne pourra jamais donner les mêmes garanties. La conclusion fera sans doute grincer bien des dents malgré la solidité des preuves [11] : « Mais ce rapport a montré que ceci (l'enfouissement profond) ne présente aucun danger pour ce siècle, le suivant et même aussi loin qu'on puisse prévoir dans le temps. »

Par contre, pour l'auteur, le stockage souterrain en l'état, dans le siècle en cours, des combustibles MOx irradiés, paraît, dans l'état actuel des connaissances, quasi impossible dans l'argile. Pour y parvenir, il faudrait modifier cet état des combustibles, par désassemblage des éléments, afin de diluer la source de chaleur, et donc manipuler ces produits.

Il nous faut indiquer ici l'importance que donne l'auteur à la conception de colis sûrs pour stocker et encore plus entreposer les différents déchets ou combustibles usés. Ils sont, en effet, au cours des manipulations et pendant tout le temps où ils sont accessibles, la seule protection des travailleurs et du public. Or le travail accompli en France jusqu'à présent est limité, beaucoup moins important et ciblé que celui fait en Suède. Cette carence devra être comblée.

## **L'absolue nécessité d'un plan Plutonium**

Les Plutonium et leurs descendants, en particulier l'Am241 produit par le Pu241 présentent une radiotoxicité longtemps majoritaire au sein des déchets et une toxicité chimique extrêmement élevée. Il est donc indispensable de contrôler étroitement les entreposages, les manipulations et les mouvements et de limiter la dispersion des produits sur le territoire.

A la sortie des réacteurs, ce sont les produits de fission qui sont la principale source de radioactivité. Mais après un siècle, c'est le Plutonium et ses descendants, en particulier l'Américium 241 qui prennent la relève [12]. Le retraitement sépare le Pu et le recycle en partie (on ne comprend pas bien pourquoi on ne le recycle pas en totalité) sous forme de combustible MOx. Après usage, ce combustible contient un ensemble d'isotopes du Pu qui le rend inapte à la fabrication de bombes. Mais le problème du devenir du Mox usé reste entier et l'auteur d'écrire [13] : « Tous les problèmes évoqués dans ce chapitre nous semblent démontrer une fois de plus que la France ne peut se passer d'un plan Plutonium (couvrant aussi ses descendants) élaboré par le public, les

travailleurs concernés, c'est-à-dire la puissance publique. »

Ce plan Plutonium doit être établi sur les bases définies à partir du critère général de protection et de confiance, dont on peut constater en se référant aux mots soulignés qu'il doit être basé sur plusieurs critères scientifiques. Mais quel qu'il soit dans son détail, on sait déjà que la France dispose d'un outil indispensable pour ce plan Plutonium, l'usine de retraitement de La Hague. Mais elle a renoncé à un autre outil tout aussi indispensable, le réacteur à neutrons rapides. Or, un calcul simple de bilan neutronique, c'est-à-dire du nombre de neutrons produits par rapport à ceux nécessaires pour fissionner le Pu, montre l'absolue nécessité de disposer de réacteurs à neutrons rapides. Ceux-ci devraient à terme constituer environ 15 % du parc des centrales nucléaires. Les raisons de ce renoncement n'ont jamais été expliquées au public. La décision de démolition du réacteur Superphénix a été prise et mise en œuvre sans délai alors que tous les autres pays qui ont arrêté leur programmes de réacteur rapide se sont contentés de les mettre sous cocon, ce qui est nettement moins coûteux. Le rapport sur l'intérêt de ce réacteur, demandé quelques



années plus tôt par le gouvernement à une commission dirigée par le professeur Castaing n'a, à notre connaissance, jamais été rendu public.

Si un plan Plutonium est indispensable, c'est, rappelons-le, que cet élément et ses descendants, sous quelque forme qu'ils soient, y compris conservés dans les combustibles usés non traités comme en Suède

et aux Etats-Unis, feront courir aux hommes, dans notre siècle et le suivant, le risque radiotoxique de loin le plus important et ajoute l'auteur [14] : « *Tout le reste des problèmes scientifiques des déchets radioactifs nous semble, du point de vue de la difficulté scientifique et des risques radiotoxiques potentiels, du deuxième ordre par rapport à celui-ci.* »

## La transmutation

Le programme adopté en 1991 par le Parlement (loi Bataille) prévoit trois volets de recherche :

✓ l'entreposage de longue durée en surface ou sub-surface ;

✓ le tri chimique et physico-chimique suivi de conditionnement et/ou transmutation/fission ;

✓ le stockage réversible en formation géologique profonde.

La seconde voie de recherche, généralement réduite à son aspect transmutation, est présentée par ses promoteurs les plus actifs comme la panacée. Le fait qu'on puisse citer un prix Nobel de physique étranger parmi ses suppor-

ters donne, dans notre pays, une forte légitimité à ces propos. Peut-être une assimilation inconsciente au mythe de la pierre philosophale est-elle un autre de ses atouts.

L'auteur, dont la compétence dans ce domaine n'a rien à envier à celle d'un prix Nobel, se livre à une analyse approfondie de cette voie, analyse qui réduit considérablement l'attrait du tableau. Il rappelle quelques évidences que certains souhaitent oublier :

✓ la première est que, dans ce cycle la transmutation n'est qu'une étape sur au moins 10 que compterait le processus complet conduisant à l'élimination du radionucléide visé ;

✓ la deuxième est que, pour faire cette opération sur des

éléments aux caractéristiques variées, il faut des neutrons, beaucoup de neutrons, disponibles avec des caractéristiques précises ; et pour cela, un parc important de réacteurs rapides, alors qu'on a considéré que Superphénix représentait un risque inacceptable pour les Français. Cherchez l'erreur ;

✓ la troisième est que, pour ne pas devoir laisser certains radionucléides pendant des siècles dans un réacteur et traiter tous les produits envisagés, il faudrait construire des réacteurs dédiés sous critiques, où un accélérateur de protons fournirait une source de neutrons. Ce sont des engins complexes et coûteux qui restent à développer techniquement.

Toutes ces opérations impliqueront de nombreuses manipulations de produits très radioactifs et présenteront pour ceux qui les conduiront et les populations des dangers *a priori* infiniment supérieurs à ceux d'un stockage profond. Par prudence (pour ne pas dire par précaution), il faudrait rassembler l'ensemble de ces installations dans un gigantesque parc nucléaire gardé comme une forteresse [15].

Enfin, au cours de ces opérations, on créera de nouveaux radioéléments, dont certains seront très radiotoxiques et on n'évitera pas les pertes dont on a souligné l'importance à propos du Plutonium et qui se

retrouveront dans d'inévitables déchets. La plus élémentaire prudence voudrait qu'une sérieuse évaluation des risques, y compris sanitaires, soit faite avant de s'engager irréversiblement dans cette voie.

## Conclusion

Nous retiendrons des conclusions de l'auteur trois idées fortes.

La première est de rechercher la simplicité du système technique [16] : « *Ce qui a fait le succès de l'électronucléaire dans les pays qui l'ont choisi, c'est sa simplicité. Les REP fonctionnent aussi bien que les radiateurs. Le retraitement est un procédé aqueux à température peu élevée qui ne pose pas de problèmes de matériaux et d'équipements trop nouveaux. Si on s'éloigne de cette simplicité, tout le système électronucléaire deviendra plus difficile à exploiter, maintenir, réparer et la sûreté-radioprotection en souffrira.* »

La deuxième est de recourir aux propriétés sur le très long terme des formations géologiques [17] : « *Tout ce rapport tient en un seul message : il n'y a qu'une seule solution à l'aval du cycle, c'est d'enfouir profondément tous les déchets radioactifs.* »

La troisième enfin est la nécessité d'obtenir la confiance et

pour cela d'engager un débat ouvert entre des citoyens bien informés, ce qui justifie l'énorme travail effectué pour écrire ce rapport [18] : « *Tout ce rapport donne au lecteur les arguments pour en juger lui-même, pour poser des questions pertinentes à ses interlocuteurs et pour apprécier la valeur des réponses.* »

Car, si ce débat s'engage, et il serait souhaitable que ce soit en 2006 à la fin de la période d'études prévue par la loi Bataille, alors ce rapport fournirait une base essentielle à la réflexion de tous ceux qui accepteraient de débattre ouvertement de cet important problème, sans laisser la scène aux seuls promoteurs de telle ou telle solution miracle ou aux partisans ou aux opposants les plus actifs et les plus présents dans les médias.

Il serait utile que le public ait connaissance des points essentiels de ce rapport et des arguments qui les sous-tendent, ce qui est accessible à beaucoup par la lecture du résumé pour les non scientifiques qui ouvre le livre. Il est publié par les éditions Tech et Doc et disponible auprès de la librairie Lavoisier. Mais il n'a guère été repris ou commenté par les principaux médias d'information.

## Bibliographie

Toutes les citations sont issues de l'ouvrage analysé.

- [1] L'énergie nucléaire civile, résumé scientifique - p. XXXVII.
- [2] Résumé pour non-spécialiste - p. XVII.
- [3] « Les déchets radioactifs » - p. 52.
- [4] Ch. 18 : Abrégé du rapport, vue d'ensemble et perspectives - p. 171.
- [5] Ch. 17 : Les bases scientifiques de la non prolifération - p. 153.
- [6] Ch. 17 : Les bases scientifiques de la non prolifération - p. 156.
- [7] Annexe document 5 - p. 206.
- [8] Annexe document 65 - p. 251.
- [9] Annexe document 67 - p. 253 - 254 -255.
- [10] Ch. 8 : Critères d'évaluation de la nuisance des déchets radioactifs de haute activité à vie longue - p.63.
- [11] Ch. 20 : Tout ce rapport tient en un seul message - p.193.
- [12] Annexe documents 57 et 58 - p. 244-245.
- [13] Ch. 12 : gestion du Pu - p. 120.
- [14] Ch. 12 : gestion du Pu - p. 121.
- [15] Ch. 10 : élimination de certains radionucléides - p. 87 XXX.
- [16] Ch. 8 : critères d'évaluation de la nuisance des déchets radioactifs - p. 62.
- [17] L'énergie nucléaire civile, résumé scientifique - p. XXXVII.
- [18] Ch. 20 : Tout ce rapport tient en un seul message - p. 194.