

Huit pays déclarent leurs stocks

Seuls huit pays déclarent leurs stocks de plutonium civil à l'Agence internationale de l'énergie atomique. Et à eux seuls, ils affichent plus de 1000 t sur les 1500 estimées dans le monde. Première en Europe, la France se classe derrière les États-Unis, où le Pu séparé est d'origine militaire... Reste que d'après ces chiffres "officiels", la Chine, qui possède des centrales civiles, ne déclare aucun stock.

STOCK CIVIL DE PLUTONIUM NON SÉPARÉ DU COMBUSTIBLE USE (EN TONNES)

STOCK CIVIL DE PLUTONIUM SÉPARÉ DU COMBUSTIBLE USE (EN TONNES)

FAITS & CHIFFRES

Le plutonium 239 (Pu239), principal isotope du plutonium, provient de la capture d'un neutron par l'uranium 238 dans un réacteur. Fissile, il fournit de l'énergie pour les armes et centrales nucléaires. Aujourd'hui, 250 t de Pu militaire (Pu239 à 93 %) s'accumulent dans le monde, dont 5 t en France. Environ 1500 t de Pu civil (Pu239 à 50 %) sont mêlées au combustible usé des centrales. Ce stock croît de 75 t/an. Enfin, 220 t de Pu retraité sont stockées pour la production de combustible.



2 000 tonnes de plutonium

Et maintenant ?

En quelques décennies, les stocks de plutonium se sont accumulés dans le monde. Et la question se pose désormais de leur sort, quand se débarrasser de ce métal radiotoxique, voire explosif, est une gageure.

Par Pierre Grumberg

Aujourd'hui, près de 2 000 t de plutonium (Pu) sont entreposées dans le monde. Et ce stock pose désormais un vrai problème : que faire de lui quand ce métal s'avère une sorte d'hydre à trois têtes : tout à la fois déchet, explosif et combustible !

Déchet, il l'est en effet par nature, car issu de l'uranium irradié dans les réacteurs nucléaires. Oui, mais de cet uranium, le plutonium hérite d'un caractère particulier : il est fissile. Ainsi, la désintégration atomique d'1 g de Pu239 (voir Faits et chiffres) fournit autant d'énergie qu'1 t de pétrole ! Selon qu'elle est libérée aussitôt ou sur des années, cette énergie fournit alors soit un explosif surpuissant, soit un combustible pour centrale. Au final, cette triple identité donne lieu à trois stocks distincts, et à au-

tant de problèmes. Prenons l'explosif : si 10 kg suffisent à produire une bombe, que se passerait-il si des terroristes s'emparaient d'une fraction du stock ? Or, 150 à 200 t de Pu239 viennent d'être libérées par le désarmement russo-américain (voir p. 90). Côté déchets, le plutonium mêlé à l'uranium usé combine les défauts d'un métal radiotoxique d'une durée de vie de... 24 000 ans ! Difficile alors de l'enterrer comme un déchet. D'où l'idée de le recycler comme combustible, appelé Mox ! Hélas, cette option, privilégiée en France (voir p. 84), n'élimine qu'un faible tonnage pour un prix élevé. D'ici à un demi-siècle, de nouveaux réacteurs permettront certes l'élimination totale. Mais en attendant ? C'est bien toute la question – et particulièrement dans l'Hexagone.

La France face à ses choix

Angoissée par la crise pétrolière, la France des années 70 avait parié sur le plutonium. Ce choix l'a entraînée dans une coûteuse option : le combustible Mox. Faut-il continuer ? La question est aujourd'hui posée au Parlement.

Jean-Pierre Raffarin l'a promis : le "grand débat public" sur l'énergie en France se tiendra à l'Assemblée au premier trimestre 2003. Et Nicole Fontaine, ministre déléguée à l'Industrie, a déjà prévenu : il s'agira que "le Parlement confirme, s'il le souhaite, par un vote solennel, le recours durable à l'énergie nucléaire dans le respect de notre environnement". Un "recours durable" à la filière uranium-plutonium, donc, puisque celle-ci assure aujourd'hui 76 % de l'électricité française. Oui, mais la période (voir Jargon) du plutonium (Pu) est de 24 000 ans ! Dès lors, comment l'Etat compte-t-il concilier le "respect de l'environnement" qu'il appelle également de ses vœux ? C'est là toute la question. Et encore plus quand on sait que l'Hexagone détient à La Hague le premier stock européen de plutonium : 134,3 tonnes, constituées de 51 t de Pu recyclé et de 83,3 t mêlées à du combustible uranium usé. Un stock qui, par son ampleur, s'avère aujourd'hui

d'hui bien encombrant. Et fait s'interroger sur le pari que fit la France il y a tout juste cinquante ans.

Pour comprendre, il faut revenir en 1952, lorsque sept ans après sa création, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) fait ce constat : alors que l'isotope 235 de l'uranium est la base du combustible des centrales nucléaires, il ne constitue que 0,7 % de l'uranium utilisé (les 99,3 % restant étant de l'uranium 238, non fissile). Or, cet U235 est rare, donc cher. Si la France veut assurer son autonomie énergétique, elle doit trouver une alternative. Et celle-ci existe : c'est le plutonium... à condition de concevoir un nouveau type de réacteur, baptisé surgénérateur. Dès lors, le plutonium fournit de l'énergie par la fission, mais aussi un surplus de neutrons qui transforment l'uranium 238 en nouveau plutonium. Un cycle qui aboutit à récupérer 20 % de Pu excédentaires, lesquels sont à leur tour prêts au recyclage en réacteur ! Qui dit



mieux ? Pas la France, qui va tout miser sur ce couple "retraitement-recyclage". Car dès 1958, le général de Gaulle lance la filière. D'abord, construire une usine de retraitement pour récupérer le plutonium dans le combustible uranium usé des premiers réacteurs : ce sera La Hague (Manche), entrée en service en 1966, pour un coût global évalué à 14 milliards d'euros. Parallèlement, construire des prototypes de surgénérateurs : Rapsodie (1967, Cadarache), Phénix (1973, Marcoule), et surtout Superphénix (1977, Creys-Malville).

1 g DE MOX PRODUIT AUTANT D'ÉNERGIE QUE 1 t DE PÉTROLE !

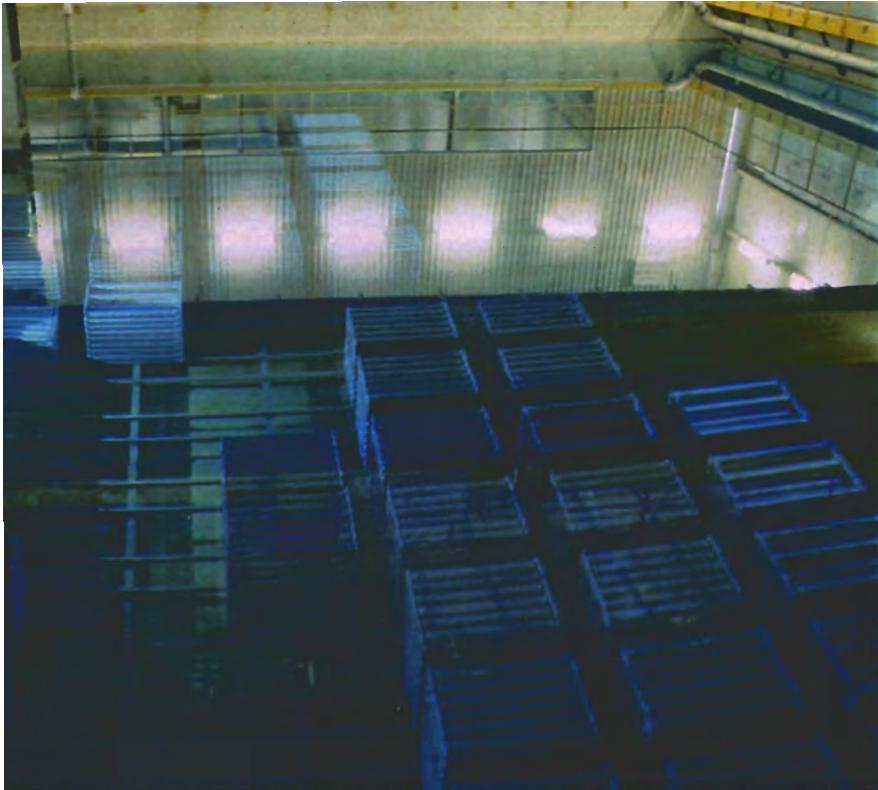
Mais l'histoire va faire long feu. Car de retards en incidents, Superphénix s'enlise. Au point que, 4 milliards d'euros et 21 ans plus tard, Jospin jette l'éponge : la filière des surgénérateurs est arrêtée (voir encadré). Dans le même temps, l'uranium que l'on croyait rare se révèle bien plus abondant que prévu. Résultat : les prix s'effondrent... et avec eux la justification économique de la filière.

LA CHUTE DE SUPERPHÉNIX

Démarré en 1985, Superphénix devait devenir le plus gros surgénérateur au monde. Sa mission : fournir de l'énergie et des neutrons très énergétiques capables de "fertiliser" l'uranium 238 pour le

transformer en plutonium 239 fissile. Parce que sa fission engendre plus de neutrons, le plutonium est le combustible idéal. Le surplus de Pu239 peut atteindre 20 %. Mais le refroidissement du cœur

du surgénérateur n'a jamais été maîtrisé, occasionnant de nombreux incidents. Résultat : 4 milliards d'euros dépensés pour un fonctionnement intermittent, jusqu'à la fermeture décidée en 1998.



◀ A sa sortie du réacteur, le combustible nucléaire utilisé doit être refroidi en piscine pendant... une dizaine d'années. Il est ensuite retraité dans l'usine de La Hague. Chaque année, 8,5 tonnes de plutonium sont ainsi extraites de 850 tonnes d'uranium usé.

▼ En 1958, le Général de Gaulle lance à Marcoule le réacteur G2, destiné à la production de plutonium militaire. L'expérience acquise se révélera précieuse lors de la construction de La Hague, décidée un an plus tard.

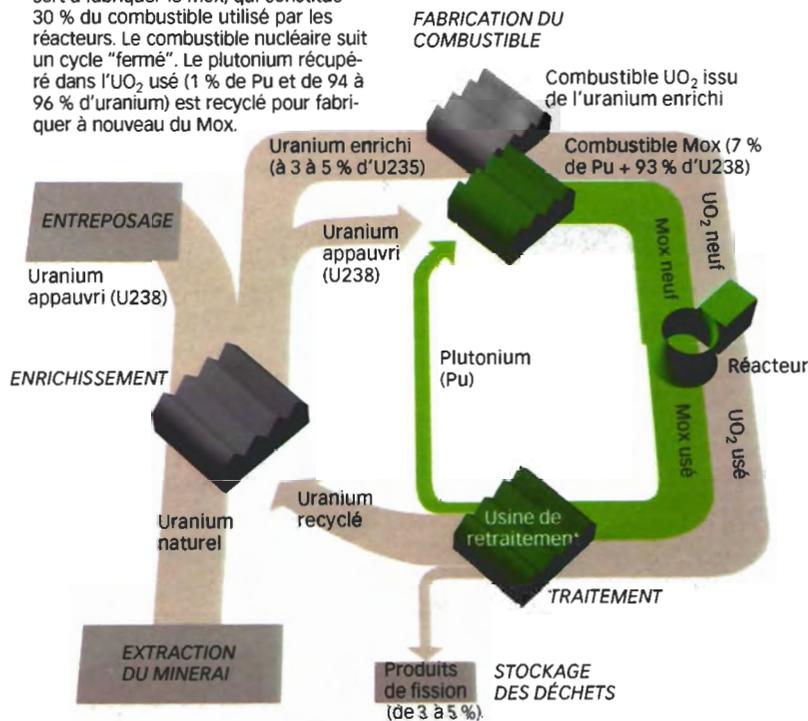


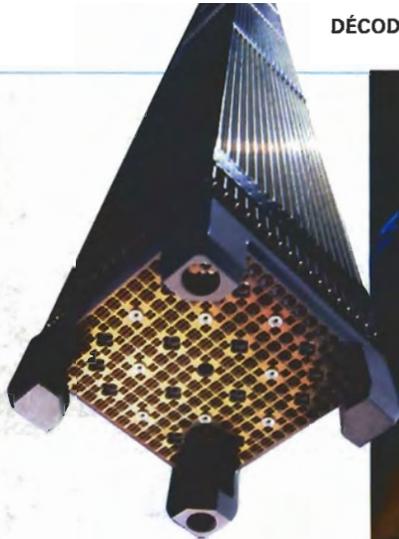
"Il y a 20 ans, la France achetait son uranium près de 150 € le kilo; elle le paye aujourd'hui autour des 30 € selon la qualité", révèle Yves Coupin, vice-président de la Cogema (Compagnie générale des matières nucléaires, du groupe nationalisé Areva), fondé en 1976, l'unique fabricant de combustible nucléaire français. On comprend que les Etats-Unis, où l'électricité est privatisée, aient finalement renoncé à la filière plutonium. Pas la France. C'est que dès 1982, la Cogema a proposé un combustible miracle à EDF: le Mixed Oxyde Fuel (Mox), actuellement consommé dans 20 réacteurs sur les 58 que compte le parc français.

Le Mox? C'est un mélange de 7 % d'oxyde de plutonium avec 93 % d'oxyde d'uranium 238. Dans ce mélange, le Pu (dosé à environ 50 % en Pu239 fissile) apporte l'énergie: 1 g en produit autant qu'une tonne de pétrole! Le Mox est donc une aubaine pour sortir la France de l'impasse dans laquelle se retrouve sa filière de retraitement-recyclage. Qu'on en juge: il permet tout à la fois de pérenniser La Hague, →

Le recyclage du combustible nucléaire

Après avoir été extrait, l'uranium naturel est enrichi, puis transformé en combustible UO_2 , tandis que l'uranium appauvri, combiné avec du plutonium (Pu), sert à fabriquer le Mox, qui constitue 30 % du combustible utilisé par les réacteurs. Le combustible nucléaire suit un cycle "fermé". Le plutonium récupéré dans l' UO_2 usé (1 % de Pu et de 94 à 96 % d'uranium) est recyclé pour fabriquer à nouveau du Mox.





▲ Le cœur d'une centrale à eau pressurisée est composé de 157 "assemblages" de combustible pesant chacun 700 kg. 30 % du réacteur peuvent être chargés en Mox.

> Un assemblage est formé de 264 "crayons" en zircaloy, qui gainent les pastilles de Mox, dont le diamètre est de 8 mm.



→ d'éviter le vieillissement du Pu retraité, d'empêcher la croissance démesurée du stock et d'éliminer définitivement une partie du plutonium.

La Hague, d'abord : en trouvant un débouché au Pu issu du retraitement, le Mox empêche la fermeture de l'usi-

ne, préservant ainsi les investissements consentis et l'emploi local. Le vieillissement du stock, ensuite. Relativement bénins à la sortie de retraitement, les rayonnements émis par le plutonium deviennent dangereux en quelques années en raison des 12 à 15 % d'isotope 241 contenus dans le Pu issu d'un réacteur. Lesquels, par le jeu de la radioactivité, se transforment en américium 241 (Am241) ; or, celui-ci produit un rayonnement gamma qui, s'il intéresse la radiographie industrielle, s'avère redoutable pour l'organisme (brûlures, cancers...) sans protection spéciale (verres plombés, etc.). Bref, si le plutonium sorti du retraitement n'est pas utilisé dans les 5 ans suivant sa séparation, sa manipulation devient délicate. A moins d'un nouveau traitement visant à ôter l'Am241... Traitement évité puisque le Mox est introduit dans les centrales avant la date de péremption.

Troisième atout du Mox, le plus intéressant : réduire le stock en recyclant le Pu vers les centrales. Inauguré en 1987 par le "moxage" de la centrale de Saint-

Laurent-des-Eaux (Loir-et-Cher), le cycle se base sur un contrat passé entre EDF et la Cogema, renouvelé en septembre 2001 jusqu'à fin 2007, pour une valeur de 4 milliards d'euros.

EN SERVICE PENDANT 4 ANS

Les termes du contrat sont les suivants : la Cogema retraite chaque année 850 t des 1 200 t d'uranium usé (les 350 t restant, dont 3,5 t de Pu, étant stockées en piscine en attendant un futur retraitement ou un stockage définitif). De ces 850 t, la Cogema extrait 8,5 t de Pu, qu'elle transforme en 100 t de Mox dans trois usines spécialisées. Ce combustible est alors consommé dans 20 réacteurs (sur 28 autorisés), à raison de 30 % maximum par cœur (en effet, la fission du Pu est plus délicate à contrôler que celle de l'uranium enrichi, ce qui empêche de "moxer" à

> JARGON

Isotope : variation d'un élément déterminée par le nombre de neutrons. Ainsi, l'isotope 239 du plutonium (Pu239) compte 145 neutrons contre 146 au plutonium 240. On connaît 15 isotopes du plutonium.

Moxer : introduire du Mox dans le cœur d'un réacteur

Période radioactive : temps nécessaire pour que la moitié des noyaux atomiques d'un échantillon d'élément se désintègre en émettant une particule.



Un tiers des réacteurs français utilisent du Mox

Le plutonium est extrait du combustible usé de La Hague. Il est ensuite transformé en Mox dans l'usine de Marcoule (ce le de Cadarache doit fermer cette année, avant d'être acheminé vers sept centrales, qui totalisent 28 des 58 réacteurs que compte la France. Une vingtaine de ces réacteurs sont chargés en Mox, tandis que les huit autres sont potentiellement "moxables".

100%). Après quatre ans de passage en réacteur, le Mox usé est déchargé et entreposé en piscine, puis à La Hague. La suite ? Soit un nouveau recyclage selon le même circuit (on parle alors de "multirecyclage"), soit l'entreposage définitif, dans des conditions qui restent à fixer par la loi sur les déchets nucléaires attendue en 2006. Mais au final, cette circulation des stocks doit contribuer à réduire la croissance du stock séparé (3,48 t par an entre fin 1995 et fin 2001) pour atteindre l'équilibre à partir 2004. A partir de là, le Pu retraité à La Hague retournera vers les centrales sans attendre de s'"américier" et la croissance du stock de plutonium séparé sera résolue...

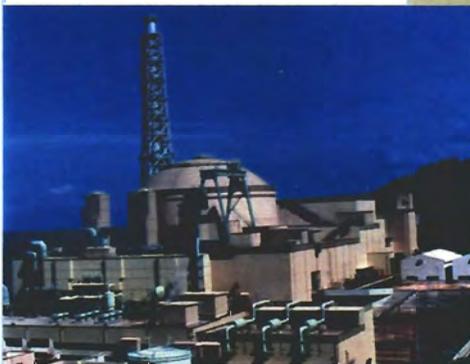
Reste un ultime avantage au Mox : le passage en réacteur, qui se solde par la transformation de 15 % du Pu moxé en produits de fission. Rapportée aux

1 200 t d'uranium usé originel, cette transformation ramène le surplus annuel total de Pu de 12 t à 10,7 t, soit un gain de 10,6 %. Autant que les générations futures n'auront plus à gérer...

LE MOX SE RÉVÈLE COÛTEUX !

Avec de tels atouts, le Mox ne pouvait que séduire les pays ayant fait le choix du traitement-recyclage. Ce qui permet la France de monnayer son savoir-faire, pour des montants classés "confidentiels"... Toutefois, on sait que le Mox fabriqué dans l'Hexagone est consommé dans 12 réacteurs allemands, 2 belges et 4 suisses, en attendant le moxage des réacteurs japonais. D'ailleurs, sur les 80,5 t de Pu séparé sur le sol français (Mox inclus), 33,5 t n'en sont pas originaires. Mais leurs propriétaires ne se bousculent pas pour le récupérer. C'est que le plutonium semble passé de mode et, aujourd'hui, la France se retrouve de plus en plus seule à défendre son "exception" (voir encadré).

Pourquoi cet isolement ? Parce que le Mox coûte finalement cher. Outre le retraitement, son prix inclut en effet sa fabrication et des modifications sur les centrales, notamment au niveau des systèmes de contrôle. Résultat : au kilo, le Mox se révèle actuellement de trois à quatre fois plus coûteux que l'uranium standard. Peu disert sur le sujet, EDF évaluait quand même fin 1989 le surcoût du Mox à plus de 350 millions d'euros par an pour 16 tranches, soit chaque année 22 millions d'euros environ par tranche. "Pas étonnant →



UNE FRANCE BIEN ISOLÉE...

Fin 2002, la France est la seule à persister sur la voie du plutonium, avec la Russie, qui dispose du seul surgénérateur (BN600, Beloyarsk) en marche depuis 1980, et qui souhaite acquérir une usine de Mox. La Belgique doit sortir du nucléaire en 2025 et son usine Mox, installée à Dessel, est menacée de fermeture en 2006, car la Cogema refuse d'honorer un contrat de réservation sur trois ans de production... Au Royaume-Uni, le fournisseur national d'électricité British Energy ne veut plus payer le retraitement, plongeant dans la crise British Nuclear Fuel Ltd (BNFL, l'équivalent de la Cogema), dont l'usine Mox toute neuve de Sellafield n'a pas de débouchés. Aucun réacteur britannique n'accepte le Mox. BNFL compte sur les marchés allemand et japonais. Mais l'Allemagne abandonne le nucléaire. Et le premier envoi de BNFL au Japon comportait des documents falsifiés. Le scandale a éclaboussé le programme japonais, déjà touché par les accidents au surgénérateur de Monju (en 1995, à l'arrêt depuis) et à l'usine de combustible de Tokai (1997 et 1999). Et si les Japonais souhaitaient moxer 18 de leurs 52 réacteurs, un nouveau scandale révélé en août 2002 risque de tout remettre en cause : l'exploitant Tepco confesse avoir caché des défauts de sécurité constatés sur ses réacteurs... Du coup, les riverains des centrales refusent le Mox et le programme est au point mort.

< Le surgénérateur japonais de Monju est toujours à l'arrêt, depuis qu'une fuite de sodium, inflammable à l'air, y a causé un incendie en 1995.

DEUX CENTES TRANSPORTS PAR AN SOUS TRÈS HAUTE SURVEILLANCE

→ qu'EDF ne se presse pas pour moxer les 8 réacteurs supplémentaires qui peuvent l'être, remarque Didier Anger, conseiller régional Vert de Basse-Normandie. D'après nos informations, l'affaire a été discutée lors de la renégociation de l'accord en 2001 et l'Etat, principal actionnaire de la Cogema, a accepté de 'faire un effort' pour compenser le surcoût du Mox... Quant à moxer le reste du parc, ce que techniquement rien n'interdit, pas question : le combustible uranium ayant été spécifié dans les cahiers des charges originels, il faudrait procéder à de nouvelles enquêtes publiques... et EDF n'y tient pas à l'heure où les opposants au Mox, pas forcément tous antinucléaires, mettent en garde contre les risques pour l'environnement que fait courir l'industrie du plutonium.

150 ANS POUR REFROIDIR LE MOX

Le Mox usé souffre d'un ultime défaut : à la sortie du réacteur, il est beaucoup plus chaud que le combustible standard. "Pour l'entreposer en vue d'un stockage définitif, le délai de refroidissement serait de 150 ans, contre 50 ans avec l'uranium, prévient Jean-Pierre Morichaud, du Conseil supérieur de la sûreté et l'information nucléaire. Cette contrainte n'existe pas en 2002, puisque le retraitement est l'usage. Mais en 2006, le législateur devra se prononcer."

L'approvisionnement des usines de production de Mox en oxyde de plutonium depuis La Hague puis la livraison des assemblages de Mox vers les vingt réacteurs français sont assurés par camion. "Le plutonium est transporté en 'colis' de type B, explique Gilles Sert, du service de sécurité des transports radioactifs à

l'Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire. Ces colis assurent trois rôles : confiner les neutrons et la radioactivité, maintenir la sous-criticité et résister à une collision routière. Un caisson blindé à l'épreuve des roquettes renferme les colis sur le camion. Les convois font l'objet d'une protection phy-

sique rapprochée confiée à la gendarmerie et ses itinéraires sont tenus secrets. On compte environ deux cents transports par an de Pu non irradié. Plus de 80 t de Pu et près de 1200 assemblages neufs ont transité à ce jour sur les routes sans incident. Le combustible usé retourne, lui, de la centrale à La Hague par

Ses inconvénients condamnent-ils la solution Mox? "Sauf pour neutraliser éventuellement du plutonium militaire, ce choix est socialement inacceptable et n'a aucun avenir", affirme Roland Desbordes, président de la CriiRad, organisme non-officiel de surveillance de la radioactivité autour des installations. Ce que réfutent le CEA et la Cogema. "Les études prospectives montrent des réserves en pétrole et de gaz diminuant vers le milieu du siècle, insiste Alain Simon, conseiller auprès du haut-commissaire à l'énergie atomique. Or, le renouvelable ne peut avoir réponse à tout. Même une vision modeste de la croissance économique indique que le parc nucléaire devra quadrupler pour répondre au problème

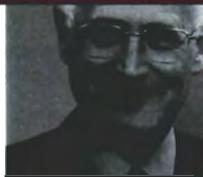
énergétique. Ce qui va contribuer à accélérer la demande d'uranium 235... et accélérer son épuisement. Nous retrouvons là nos scénarios des années 70: la seule issue du nucléaire durable passe par le plutonium et la surgénération."

Est-ce à dire que la France pourrait cesser le démantèlement de Superphénix? "Techniquement, tant que le cœur n'est pas touché, tout est réversible", estime Alain Simon. De même, le vieux Phénix pourrait bientôt redémarrer pour des expériences visant à "transmuter" des déchets de fission à vie longue en éléments à vie courte. Mais si ces installations peuvent encore servir, leur technologie est devenue obsolète. Ainsi, de futurs surgénérateurs, dits de "quatrième génération" (4G), sont annoncés pour 2030 : ils n'utiliseront plus obligatoirement le système de refroidissement au sodium si décrié en son temps, mais un gaz comme l'hélium, avec un rendement énergétique bien supérieur. De plus, précise Patrice Bernard, du CEA, "les 4G pourront transformer la totalité du Pu produit à partir d'uranium 238. Dans le cas où un stock de plutonium resterait nécessaire pour sa propre régénération, il serait stabilisé. Et le Pu serait écarté définitivement des déchets ultimes au profit de produits de fission à vie plus court." Bref, plus besoin de

> ARGUMENTS CLÉS

"S'il est plus cher à produire que l'uranium enrichi, le Mox a un bon rendement énergétique. Il permet une économie de matière première et réduit de 15 % le plutonium légué aux générations futures."

YVES COUPIN, DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE LA COGEMA DÉVELOPPEMENT DURABLE, TRAITEMENT RECYCLAGE, INGÉNIERIE.



"Le Mox n'est vraiment pas la bonne solution. Il sert à justifier la filière plutonium, mais n'en consomme que très peu à un coût élevé : plus de 150 millions d'euros pour chaque tonne éliminée !"

BENJAMIN DESSUS, EX-DIRECTEUR DU PROGRAMME ECODEV AU CNRS, CO-AUTEUR DU RAPPORT "ÉTUDE ÉCONOMIQUE PROSPECTIVE DE LA FILIÈRE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE".





route ou train sous un "château" de plomb comprenant douze assemblages. La Crii-Rad, réclame cependant le renforcement de la réglementation et de la radioprotection pour le Mox usé, ce dernier étant plus irradiant que le combustible uranium normal.

< En juin 2002, Greenpeace bloque un convoi de combustible allemand usé qui doit être retraité à La Hague, afin d'y être transformé en Mox.

nement amélioré et directement moxable jusqu'à 100 %. L'EPR autoriserait par ailleurs jusqu'à six cycles en réacteur, contre un seul aujourd'hui, en portant la teneur du Mox à plus de 10 % de Pu." La solution compte de puissants avocats. "Une décision positive en ce qui concerne l'EPR est très probable prochainement", confiait ainsi en juillet 2002 Francis Mer, ministre de l'Economie. Au grand dam des opposants au nucléaire : pour eux, l'EPR n'est qu'un effort de marketing destiné à relancer la construction de centrales en France sans régler les problèmes liés au Mox : coût de production élevé, risques de contamination... Surtout, un plan de construction n'aurait aucun caractère d'urgence. "Vu la jeunesse relative du parc et sa capacité de production, nous n'aurons pas besoin de nouvelles centrales avant 2025 si la consommation continue à croître, ou 2035 si nous savons consentir des efforts d'économie, conclut Benjamin Dessus, co-rédacteur d'un rapport sur la filière électrique nucléaire remis à Lionel Jospin en 1999. Construire une centrale réclame un préavis de huit ans : il reste donc assez de temps pour envisager de bonnes solutions, nucléaires ou non." Vingt ou trente ans, c'est en effet assez long pour réfléchir. Mais c'est aussi mille deux cent fois plus bref que la période radioactive du plutonium ! ■

Mox... mais toujours besoin de plutonium ! Et ici, les 4G laissent même entrevoir une alternative : transformer le thorium, un métal trois fois plus abondant que l'uranium, en matériau fissile, l'uranium 233. Ce choix permettrait d'éliminer purement et simplement le plutonium sans le "régénérer". Et les stocks pourraient disparaître du sol français vers... 2120.

Reste une dernière question : d'ici à la construction encore hypothétique des 4G, que faire du plutonium ? Première option : le "multirecyclage" du

Mox usé, pour consommer mieux le Pu dans des combustibles plus élaborés. A condition de résoudre la question du coût, déjà très élevé pour le monorecyclage...

DU MARKETING NUCLÉAIRE ?

Autre option : "Nous proposons une génération intermédiaire de réacteurs, baptisée European Pressurised Water Reactor, indique Patrice Bernard. Il s'agit d'une évolution du modèle actuel à eau pressurisée, mais plus puissant (1 500 MW), avec un système de confi-

Y a-t-il une issue pour le plutonium militaire ?

Avec le désarmement, Américains et Russes sont confrontés à un surplus de Pu militaire. La solution? Le transformer en Mox dans des centrales civiles. Mais cette reconversion s'avère plus difficile que prévu... et n'est pas exempte de risques.

Devinette : quoi de plus dangereux que 1 000 têtes nucléaires russes braquées sur nous? Réponse : 1 000 têtes nucléaires russes qui ne sont plus braquées sur nous. Cette blague américaine résume bien le dilemme du plutonium militaire outre-Atlantique : le désarmement laisse d'énormes stocks d'explosifs nucléaires sans emploi. "Cette menace est réelle et immédiate, insiste Jon Wolfsthal, spécialiste du plutonium à la fondation Carnegie

pour la paix internationale, un organisme d'expertise des risques stratégiques. *Que des terroristes mettent la main sur quelques kilos et le 11 septembre ferait figure de fête foraine!*"

Pour parer à cette menace, Washington a eu l'idée, en 1992, d'un programme dans lequel l'explosif nucléaire serait transformé en combustible pour centrales civiles : une fois irradiées, les matières atomiques seraient protégées des malveillances par l'extrême radioactivité des produits de fission. Cette proposition a été acceptée par les Russes. Résultat : des engagements mutuels, résumés sous l'appellation "Megatons to Megawatts", se basent sur un accord de principe signé en 1993. Si le sort de l'uranium enrichi a été réglé rapidement, les discussions furent plus longues pour le plutonium. Elles ont cependant abouti à un accord signé en septembre 2000 : 34 t seront neutralisées par chaque partie avant 2008. Reste à savoir comment...

Depuis 1994, deux options sont étudiées : soit enterrer le plutonium dans le sol, après l'avoir mélangé à des produits hautement radioactifs, de sorte que sa manipulation soit rendue impossible à une entreprise terroriste ; soit l'irradier en réacteur sous forme de combustible Mox avant de l'enterrer. Cette dernière solution présente trois

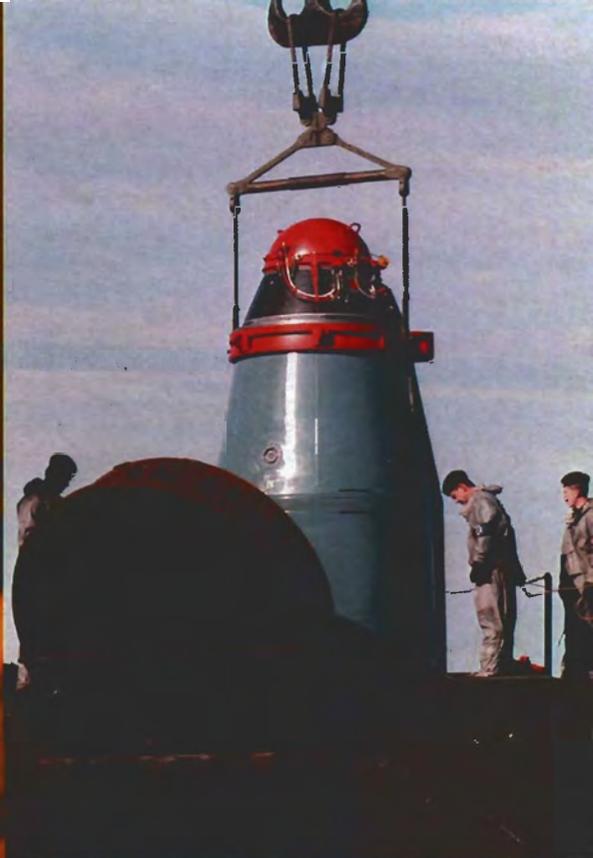
intérêts majeurs : valoriser le potentiel énergétique du plutonium, dégrader sa composition isotopique et, enfin, éviter sa récupération par le rayonnement des produits de fission.

LA COGEMA ENTRE DANS LE JEU

Aux Etats-Unis, l'équipe de Bill Clinton a privilégié la seconde solution en lançant un appel d'offres autour du programme Mox, doté d'une enveloppe de 3,8 milliards de dollars. Les possibilités d'enfouissement, elles, ont été abandonnées en 2002 par l'administration Bush Jr. En mars 1999, un contrat de quelque 130 millions de dollars a été signé entre le Department of Energy (DOE) et un consortium regroupant deux exploitants de centrales (Duke Power et Virginia Power), un industriel expert (Areva-Cogema) et un cabinet d'ingénierie (Stone & Webster). Le contrat prévoit que le plutonium sera transformé en Mox dans une usine construite, pour 1,3 milliard de dollars (dont 250

> ENJEUX

Quelque 9 000 têtes nucléaires ont été démontées suite aux accords de désarmement, libérant entre 150 et 200 tonnes de plutonium militaire ! Un stock aussi dangereux que convoité... Pour neutraliser ce plutonium, Américains et Russes veulent le transformer, avec l'aide de la société française Cogema, en un combustible nucléaire, le Mox. Mais il faut pour cela acquérir des usines spéciales, puis disperser le Mox dans les centrales. Ce qui pose des problèmes techniques et des interrogations sur la sécurité.



▲ Chacune des trois têtes thermonucléaires de ce missile américain démantelé contient 6 kg de plutonium. Leur puissance : 23 fois Hiroshima.

▲ Ce missile russe a terminé sa carrière dissuasive. A l'Est, le désarmement libère 50 tonnes de plutonium.

à 300 millions de dollars pour Areva), à Savannah River (Caroline du Sud). Virginia Power ayant fait défection en avril 2000, le combustible sera livré dans quatre réacteurs répartis en deux centrales.

Du côté russe, les options sont vite réglées : aucun site n'est officiellement capable d'enfouir un produit aussi dangereux que le plutonium ! La solution sera donc 100 % Mox. Mais à une condition, énoncée par Vladimir Poutine : la Fédération étant désargentée, les Occidentaux devront financer une usine de production de Mox. En 2000, le G7 a ainsi offert 1 milliard de dollars. En fait, le bouclage du budget doit être rediscuté, mais en novembre dernier, il n'était toujours pas réglé...

Pourtant, les Russes ne sont pas des débutants en matière de Mox, puisqu'ils ont procédé à des essais dans leur surgénérateur BN-600 (à Be-

loyarsk). Mais il leur manque l'expertise industrielle. C'est là qu'intervient la Cogema. En effet, l'entreprise française possède, en commun avec le fabricant belge de combustible Belgonucléaire, un procédé de fabrication de Mox performant, dit MIMAS. La Cogema propose donc de construire, avec l'allemand Siemens, une usine, baptisée Demox, sur le site russe de

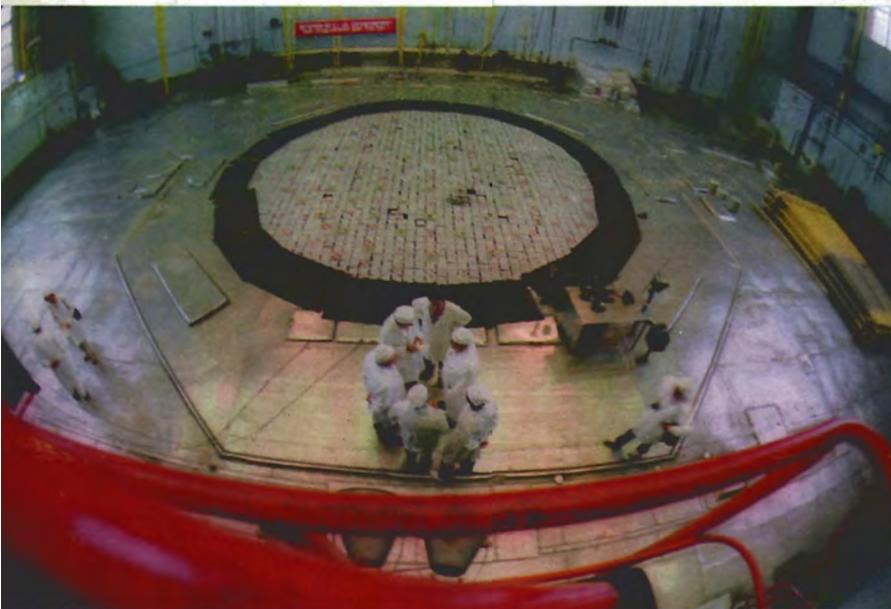
Mayak. Le combustible produit serait ensuite consommé dans quatre réacteurs à eau pressurisée et dans le surgénérateur BN-600.

Un programme visant à neutraliser 68 t du pire explosif jamais fabriqué devrait faire l'unanimité. Pourtant, les avis sont partagés. Tout le débat tourne autour d'une question : en diffusant le

plutonium aujourd'hui concentré entre des mains militaires, puis le Mox sur de nombreux sites civils, ne risque-t-on pas de multiplier les occasions de malveillance ? Pour Jon Wolfsthal, ancien de l'administration Clinton, : "Le risque ponctuel est augmenté, mais le bénéfice à long terme compense largement. Nous n'avons pas d'autre option car les Russes refusent l'enfouissement

La diffusion du Mox sur des sites civils augmente-t-elle le risque terroriste ?

et, le temps étant compté, nous devons leur faire confiance." Arjun Makhijani, physicien et fondateur de la fondation IEER (voir "Trois questions à") ne partage pas cet avis : "Les simulations d'attaque menées aux Etats-Unis montrent que nos sites nucléaires sont très mal défendus. Et malgré le 11 septembre, rien n'a changé." Quant à la →



▲ Au centre russe de Mayak, du combustible usé attend le retraitement. La Cogema projette de démarrer en 2007 une usine de Mox sur ce site.



→ Russie, les Tchétchènes ont prouvé que le terrorisme suicidaire n'y est plus une menace absurde.

Pour autant, les objections des opposants au Mox ont peu de chances d'être entendues. La filière Mox du plutonium militaire américano-russe n'en a d'ailleurs pas besoin pour piétiner. Outre les soucis de financement, la question des responsabilités industrielles reste posée en Russie, héritière du passif de l'URSS : qui paiera la note en cas d'accident majeur ? Cer-

tainement pas un gouvernement Poutine qui claironne son insolvabilité... L'affaire reste à négocier avec l'Occident, et l'issue n'est pas évidente.

LE PROBLÈME DE LA CONCEPTION D'ÉCHANTILLONS TESTS

Côté américain, le programme se heurte à un imbroglio politico-industriel... bien européen. Explication : pour tester, puis autoriser le chargement de Mox militaire dans les centrales américaines, le DOE exige la fa-

bricaison d'échantillons pour réacteur ou "assemblages tests" (Lead-Test Assemblies, LTAs). Faute d'industrie du Mox outre-Atlantique, l'administration Bush Jr a donc demandé à la Belgique la permission de faire réaliser quatre LTAs contenant en tout 115 kg de Pu militaire dans l'usine Belgonucléaire de Dessel. Mais le gouvernement belge, à composante écologiste, a réclamé un "supplément d'information" et remis l'affaire *sine die*. Faute

PEUT-ON FABRIQUER UNE BOMBE AVEC DU MOX ?

La circulation de Mox sur les routes impose de réfléchir à son détournement : ce combustible de centrale nucléaire pourrait-il être transformé en arme de destruction massive ? S'il est d'origine militaire ("weapon grade"), le plutonium du Mox peut servir directement à la fabrication d'une bombe, à condition de disposer de 10 kg de métal et de procéder en trois

étapes. La première consiste à séparer le plutonium de l'uranium qui constitue 93 % du mélange Mox, un procédé à la portée de n'importe quel chimiste. Ensuite, il faut transformer l'oxyde obtenu en métal, ce qui est beaucoup plus difficile. La dernière phase consiste à préparer la "détonique" : un système de mise à feu fiable. Impossible sans une longue et

coûteuse recherche d'atteindre la complexité des armes militaires. Certains plans simplifiés en libre circulation fourniraient cependant un "raté" relatif, inacceptable par un état-major, mais suffisant pour déclencher la terreur. L'affaire se compliquerait énormément avec du Mox d'origine civile ("reactor grade"), "soupe" d'isotopes au comportement imprévi-

sible. Il faudrait une équipe de scientifiques d'élite pour maîtriser la chimie, la métallurgie et la détonique nécessaires. Et le plutonium aurait encore de fortes chances de faire long feu... Ou de tuer uniquement ses artificiers. L'option la plus "rentable" serait plutôt la fabrication d'une "bombe sale", un mélange de Mox et d'explosif classique, destiné à contaminer.



< Après son passage en réacteur, le Mox américain devrait finir sa carrière au fond du site de Yucca Mountain (Nevada), sélectionné en juillet 2002.

tivité de production industrielle fin 2002, début 2003, explique Alain Schmitt, directeur adjoint de la DGSNR. Si l'exploitant n'arrête pas, nous engageons les procédures réglementaires."

Nouvelle impasse... L'usine Melox de Marcoule pourrait-elle servir de rechange? Même pas. Car elle est conçue pour des quantités industrielles, pas des échantillons. Et l'usine n'est pas homologuée pour le Pu militaire. Si les Belges refusaient le marché du DOE ou rallongeaient les délais, la Cogema n'aurait plus le temps de traiter la commande faute d'atelier, à moins de ridiculiser l'autorité de sûreté du nucléaire. Il est vrai que la Cogema a déjà réussi à retarder de deux ans sa fermeture...

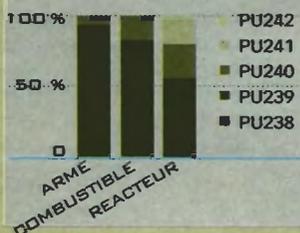
d'issue côté belge, l'alternative consisterait à faire appel à la Cogema, qui dispose à Cadarache d'installations *ad hoc* pour les très petites séries. Manque de chance, l'atelier est sous le coup d'une demande de fermeture de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) pour non-respect des normes de sismicité (Cadarache se trouve à proximité d'une faille). "L'installation doit arrêter son acti-

OU LES ÉTATS-UNIS VONT-ILS FINALEMENT PRODUIRE LEUR MOX ?

Le plan Mox américain échouera-t-il alors sur les rives de la mer du Nord ou de la Drôme? L'absence de solution pour la fabrication des LTAs, ajoutée à la défection de Virginia Power remet en cause l'application des accords de septembre 2000. Washington examinerait aujourd'hui l'abandon de l'usine de Savannah River, pour faire fabriquer tout son Mox militaire en Europe. Mais où? Les cas de la Belgique et de la France ayant déjà été expliqués, il ne reste que l'usine britannique de Sellafield, sur la mer d'Irlande. Justement, cette installation est menacée de fermeture avant même d'avoir ouvert... faute de contrats. Reste que son propriétaire, British Nuclear Fuel Ltd, s'est rendu célèbre en 1999 en falsifiant les contrôles de qualité d'une cargaison de Mox japonais... Les Irlandais, qui pestent depuis quarante ans contre les rejets de Sellafield, n'auraient certainement pas confiance dans ce candidat-là. Mais auront-ils le choix? ■

La teneur en Pu239 définit le caractère explosif

La composition isotopique du Pu varie selon son usage. Une arme militaire exige plus de 93 % de Pu239. La concentration descend à environ 50 % pour un emploi en réacteur. La qualité dite "combustible" n'est, elle, plus utilisée depuis les années 70.



TROIS QUESTIONS A...

Arjun Makhijani

PHYSICIEN, FONDATEUR DE LA FONDATION INSTITUTE FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH (IEER)



Quels sont les risques liés au programme Mox américano-russe ?

Nous allons disperser sur un immense territoire et dans de multiples installations mal défendues une quantité importante de plutonium militaire. Par ailleurs, les centrales VVER russes ne sont pas conçues pour le Mox, un combustible "pointu" pour la sécurité : quelle assurance avons-nous que les modifications seront supportées? Enfin, l'intention pure du désarmement cache des buts beaucoup moins nobles.

Quels sont ces buts ?

Ils visent à relancer les sur-générateurs, qui peuvent certes consommer du plutonium, mais aussi en produire. En fait, les Russes veulent que l'Occident paie son cycle du plutonium, y compris militaire ! Ils ne s'en cachent pas. Les Américains ont capitulé devant les exigences des Russes, car ils veulent faire la même chose.

Que préconisez-vous ?

Mélanger le plutonium militaire avec des déchets très radioactifs, comme le Césium 137, puis le couler dans du verre pour le stocker indéfiniment. Cette option a été abandonnée par l'administration Bush...