

L'enfouissement sous-marin des déchets radioactifs

CHARLES HOLLISTER • STEVEN NADIS

Peut-on stocker les déchets nucléaires dans les sédiments des fonds océaniques ? Les conditions sont favorables, mais des études restent à faire.

Les plaines abyssales, au centre des grandes plaques océaniques, semblent être parmi les terrains les moins valorisables de la planète. Le socle rocheux y est couvert d'une boue noire et pâteuse sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Dénuées de végétation et très peu fréquentées par la faune océanique, ces régions sont en outre dépourvues de richesses minérales.

Toutefois, nos sociétés pourraient y trouver la solution de deux problèmes lancinants : on pourrait apparemment y enfouir les déchets radioactifs issus de l'industrie électronucléaire, ainsi que les matériaux provenant du démantèlement des bombes atomiques. Les problèmes posés par ces deux types de déchets sont différents, mais l'enfouissement sous-marin serait une solution commune et définitive.

Des déchets radioactifs, barreaux de combustible usagé des centrales nucléaires et boues toxiques entreposées sur les sites de production d'armes nucléaires, ont été accumulés depuis plus d'un demi-siècle dans l'attente d'une méthode de stockage permanent. Aux États-Unis, 30 000 tonnes de combustible usagé attendent dans les bassins des centrales nucléaires, et cette quantité s'accroît d'environ 2 000 tonnes par an. Le dépôt de déchets nucléaires qui se construisait à Yucca Mountain, dans le Nevada, est aujourd'hui bloqué ; il ne devrait pas ouvrir avant 2015. En France, les centrales nucléaires produisent environ 1 200 tonnes de combustible usagé par an ; on évalue qu'en 2020, il y aura 57 000 mètres cubes de déchets de moyenne activité et 5 000 mètres cubes de déchets de haute activité.

Le problème du plutonium et de l'uranium issus du démantèlement des armes nucléaires est encore plus grave : qu'advient-il si de tels matériaux tombaient entre les mains d'individus ou d'états mal intentionnés ? Alors qu'une seule tonne de plutonium suffit à la fabrication de centaines de têtes nucléaires, les États-Unis et la Russie ont accumulé chacun plus de 100 tonnes de plutonium de qualité militaire, 50 tonnes de plutonium moins pur et des centaines de tonnes d'uranium très enrichi.

Deux méthodes de traitement des déchets sont aujourd'hui mises en œuvre, mais aucune n'apporte de solution définitive. La première est la vitrification : un mélange de plutonium militaire et d'autres déchets radioactifs est coulé dans un verre ou dans une céramique qui empêchent la fuite des atomes radioactif dans l'environnement et qui interdisent quasiment l'extraction du plutonium. Cette vitrification ne bloque toutefois pas les radiations : les déchets vitrifiés restent dangereux tant qu'ils ne sont pas entreposés dans un site approprié.

Aux États-Unis, une seule usine de vitrification a été construite, et même si elle fonctionnait à pleine capacité, elle ne produirait chaque jour qu'un seul cylindre de verre contenant à peine plus de 20 kilogrammes de plutonium, pour un coût unitaire de huit millions de francs. À ce coût, on devra ajouter celui du stockage.

La seconde méthode est la fabrication d'un combustible mixte pour les centrales nucléaires, par le mélange d'oxyde de plutonium et d'oxyde d'uranium : le combustible MOX. Cette méthode est utilisée en France. Aux

États-Unis, l'utilisation d'un tel combustible nécessiterait de profondes transformations des centrales nucléaires. De toutes façons, les réacteurs à oxyde mixte produisent d'autres déchets radioactifs.

Les déchets existent : il faut les traiter

Le gouvernement américain devra bientôt prendre une décision : depuis 15 ans, les sociétés qui exploitent des centrales nucléaires aux États-Unis paient par avance le ministère américain de l'Énergie pour le stockage ou le retraitement de leurs déchets, et les tribunaux viennent d'ordonner à ce ministère de s'acquitter de ses obligations contractuelles en acceptant, dès cette année, les barreaux de combustible usagé des centrales nucléaires. Que deviendront ces matériaux ? Le Sénat américain a voté des crédits pour la construction d'un site de stockage temporaire à Yucca Mountain, mais le président Clinton s'oppose à cette mesure provisoire.

Nous suggérons de ne rien décider dans l'urgence et, surtout, de ne prendre aucune décision irréversible. On devrait se contenter pour l'instant de transférer, selon les besoins, le combustible usagé, actuellement entreposé dans des bassins, vers des sites de stockage à sec et de colmater les conteneurs de déchets radioactifs sur les sites militaires. On doit laisser le temps aux scientifiques et aux ingénieurs d'explorer en détail les méthodes possibles de stockage permanent.

Certains ont proposé d'envoyer les déchets nucléaires dans l'espace, voire dans le Soleil, mais la plupart des

spécialistes pensent qu'il serait plus sûr et moins coûteux de les stocker sous terre. Pourquoi, toutefois, la recherche de sites de dépôt convenables a-t-elle été quasi restreinte aux continents? Les fonds océaniques, soit 70 pour cent de la surface de la planète, offrent pourtant plus de possibilités.

Nous ne proposons pas un stockage dans les fosses océaniques, à la jonction de deux plaques tectoniques : ce sont des régions très instables, et nous n'avons aucune idée de ce que deviendraient les conteneurs de déchets que l'on y déposerait. En revanche, au centre des plaques tectoniques océaniques, le terrain est l'un des plus stables de la Terre et l'un de ceux dont on connaît le mieux l'avenir. Les prélèvements de carottes sédimentaires ont montré que de vastes zones, dans les océans Atlantique et Pacifique, sont géologiquement inertes depuis 50 à 100 millions d'années. Les déchets qui y seraient enfouis seraient à l'abri des éruptions volcaniques, des séismes et de toutes les perturbations liées aux mouvements des plaques tectoniques. En outre, les boues argileuses qui constituent les sédiments ont des propriétés favorables : elles sont peu perméables à l'eau, elles adsorbent les éléments radioactifs des déchets, et elles combleraient toute fissure qui se développerait autour d'un conteneur de déchets. Ces boues pourraient accueillir des déchets vitrifiés ou non. Aucune formation géologique continentale connue n'offre tous ces avantages.

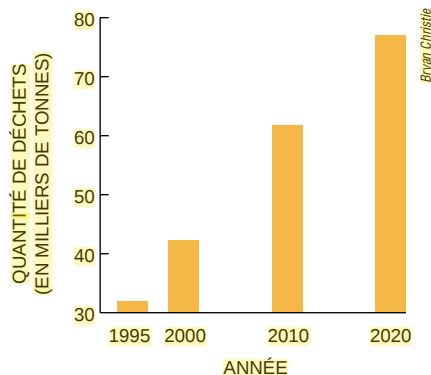
Les techniques pétrolières au service du nucléaire

Les déchets ne seraient pas déposés sur le fond océanique, mais enfouis à plusieurs centaines de mètres de profondeur dans les sédiments (le fond océanique étant lui-même à cinq kilomètres sous la surface de la mer). Les techniques de forage profond, utilisées depuis des décennies par l'industrie pétrolière pour la prospection des sédiments proches des côtes, permettraient de réaliser cette opération. Des puits cylindriques seraient creusés à plusieurs

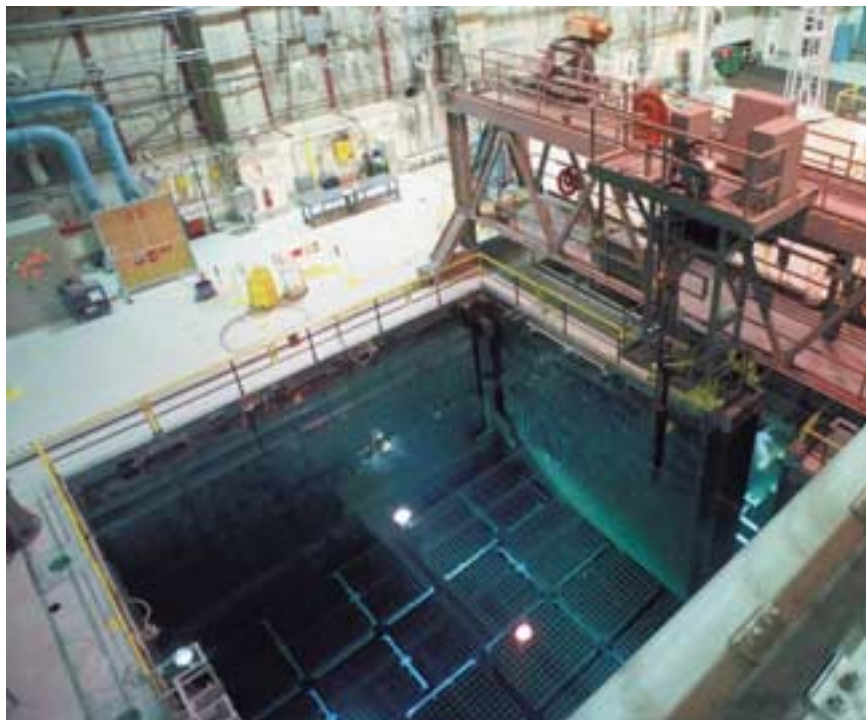
1. UN TUBE D'ACIER, descendu d'un bateau, serait utilisé pour le forage de puits dans les limons océaniques, puis pour la descente des conteneurs de déchets nucléaires. Les déchets seraient ensuite recouverts de boue sous-marine argileuse qui isolerait efficacement les matériaux radioactifs.

George Retzack





2. LA QUANTITÉ DE COMBUSTIBLE nucléaire usagé va plus que doubler aux États-Unis d'ici 2020, même si aucune nouvelle centrale nucléaire n'est construite (graphe). En l'absence d'une solution de stockage permanent, ce combustible usagé est entreposé dans des bassins de refroidissement (ci-dessus).



Mark Cowan, AP Photo

centaines de mètres les uns des autres, pour faciliter les manœuvres ; les conteneurs de plutonium ou d'autres déchets radioactifs y seraient ensuite descendus, accrochés à des câbles. Chaque conteneur serait enfin recouvert de boue, sur 20 mètres d'épaisseur au moins, et l'on empilerait ainsi plusieurs conteneurs dans le même puits.

Les conteneurs de déchets se désagrégeraient au bout de quelques milliers d'années, mais, dans les sédiments océaniques, les argiles boueuses, qui se lient fortement au plutonium et à de nombreux autres éléments radioactifs, éviteraient que ces derniers ne s'échappent dans l'océan. On a mesuré en laboratoire que le plutonium (et d'autres éléments radioactifs plus lourds que l'uranium) enfoui dans l'argile ne se déplacerait pas de plus de quelques mètres en 100 000 ans. Si l'on enfouit les déchets assez profondément, ils ne remonteront au niveau du fond océanique que lorsque leur radioactivité aura disparu ou sera devenue inférieure à la radioactivité naturelle de l'eau de mer.

Malgré ces résultats prometteurs, toute recherche a cessé dans ce domaine depuis 1986, quand les États-Unis, principaux bailleurs de fonds, se sont concentrés sur le stockage terrestre. En 1987, le gouvernement américain a décidé de consacrer tous les crédits au site de stockage de Yucca Mountain. Malheureusement, même si ce dépôt est un jour utilisé, il ne pourra pas accueillir tous les déchets radioactifs d'origine civile et militaire qui se seront accumulés d'ici là, sans compter ceux que les centrales nucléaires continueront de produire.

Les responsables politiques devront se rendre à l'évidence : l'étude d'autres modes de stockage est nécessaire.

À quelles questions des recherches sur le stockage sous-marin devraient-elles répondre ? D'abord, nous devons être certains que les produits radioactifs resteront assez longtemps dans les couches sédimentaires profondes où on les déposera. Les vitesses de diffusion du plutonium et des autres radioéléments sont-elles aussi faibles dans les boues sédimentaires qu'en laboratoire ? Quelles sont les vitesses de migration de l'uranium et de quelques autres éléments des déchets radioactifs, que nous ne connaissons pas ? La chaleur dégagée par la radioactivité des déchets modifie-t-elle la structure et les propriétés des boues argileuses ? Apparemment, des formes vivantes multicellulaires mobiles vivent seulement dans le premier mètre d'épaisseur des limons abyssaux ; en dessous, aucun organisme ne semble susceptible de transporter des substances radioactives vers la surface. Cette hypothèse doit être vérifiée.

Les déchets resteraient-ils au fond ?

Nous ne savons pas non plus très bien ce qui se passerait si des matériaux radioactifs remontaient sur le fond océanique. À quelle vitesse des composés radioactifs relativement solubles (tels

ceux du césium et du technétium) se dilueraient-ils jusqu'aux concentrations ambiantes ? Et que deviendraient les éléments peu solubles, tel le plutonium ? Aujourd'hui, nous ne connaissons pas de courant assez fort pour transporter des particules d'argile liées à du plutonium jusqu'à la surface de l'océan : ces matériaux resteraient sur le lit océanique, à moins que des créatures se nourrissant sur le fond des océans ne les ingurgitent.

Le transport des déchets nucléaires en haute mer pose d'autres problèmes : nous devons prévoir des conteneurs de déchets facilement récupérables au fond de l'océan, au cas où un bateau coulerait ou, plus simplement, perdrait accidentellement sa cargaison. Cette possibilité de récupération devrait d'ailleurs être étendue aux conteneurs enfouis dans les sédiments : nous aurons peut-être un jour besoin de récupérer des matériaux nucléaires, tel le plutonium. On n'utiliserait alors les mêmes techniques de forage que pour l'enfouissement, en s'aidant de techniques de positionnement par satellite. Nous n'avons pas à craindre que cette possibilité de récupération soit exploitée pour le détournement de matériaux radioactifs : aujourd'hui, aucun État non nucléaire ne maîtrise les techniques nécessaires à cette récupération. En outre, la réalisation clandestine d'une telle opération serait quasi impossible.