

La gestion des déchets résultant de l'extraction et du traitement des minerais d'uranium

par K.T. Thomas*

Les dangers qui pourraient résulter de l'extraction et du traitement des minerais d'uranium n'ont jusqu'à présent guère causé de préoccupations. Grâce au progrès des techniques de traitement du minerai et de gestion des déchets, cette situation ne peut que s'améliorer. Le stockage des grosses quantités de déchets que produisent les opérations en question exerce toutefois un impact sur l'environnement, vu la longue période des radionucléides toxiques ^{226}Ra et ^{222}Rn , facilement mobilisables.

L'extraction

Les déchets de roche dus à l'extraction, encore qu'ils ne contiennent guère de radioactivité, ne doivent pas être négligés. Ceux qui ne servent pas à combler les galeries trouvent souvent d'autres emplois: construction de talus, de routes etc. Si l'on veut utiliser ces matériaux pour la construction de bâtiments, il faut les faire homologuer par les autorités compétentes afin de s'assurer que l'exposition du public aux rayonnements qui risque d'en résulter reste en deça de limites acceptables. Les effets des eaux filtrant à travers des amas de déchets de roches et contenant des concentrations de radionucléides naturels supérieures à celles du fond naturel environnant doivent faire l'objet d'une évaluation. En cas de besoin, elles doivent être recueillies et traitées.

L'eau des mines, généralement, est dans toute la mesure du possible réemployée sur place ou dans l'usine. Elle peut contenir en solution de l'uranium, du radium, du thorium ou d'autres métaux qui risquent d'augmenter la teneur en radon de l'air du sous-sol. Lorsque la quantité d'eau dépasse celle qu'on peut réemployer, on la conserve dans un dispositif de retenue. On peut, dans certains cas, la déverser sous contrôle dans les eaux de surface.

L'air aspiré par les systèmes d'aérage des mines est contaminé par le radon et ses produits de filiation ainsi que dans une certaine mesure par des poussières de minerai et de roche et par des fumées. Ces polluants doivent être surveillés et en cas de besoin traités avant leur rejet dans l'atmosphère afin de ne pas exposer le public à des quantités inacceptables de radon et de poussière.

Le traitement du minerai

Le problème de la gestion des déchets est lié au caractère minéralogique de la roche et au choix de la méthode d'extraction. Comme les minéraux uranifères

ont pour caractéristique d'être beaucoup plus tendres que les quartz et les silicates qui constituent l'essentiel de la gangue, l'uranium, le radium et les autres minéraux recherchés apparaissent généralement sous forme de bones fines, mélangés à des argiles. Les opérations relatives à cette partie boueuse du minerai sont d'une importance disproportionnée dans les activités de traitement et dans la gestion des déchets.

On a le plus souvent recours à la lixiviation acide à moins que le minerai ne contienne une forte proportion de calcaire ou d'autres éléments de la gangue qui se prêtent à un traitement alcalin. Les dépôts contenant des pyrites compliquent la gestion des déchets. Elles s'oxydent peu à peu dans les résidus, ce qui donne de l'acide sulfurique et de fortes concentrations de sulfates. Cet effet s'aggrave lorsque d'autres métaux lourds tels que le cuivre et le zinc sont également présents sous la forme de sulfures qui peuvent s'oxyder, et être entraînés par lixiviation des résidus.

Les solutions stériles obtenues après attaque alcaline sont le plus souvent réemployées. La solution aqueuse est utilisée pour transporter les résidus lavés qui contiennent des carbonates, des sulfates et des nitrates. La solution stérile obtenue après attaque acide sert au transport des résidus et contient des concentrations plus fortes de contaminants, notamment acide sulfurique, métaux lourds, nitrates, sulfates, amines et chlorures. Les principaux radionucléides que contiennent ces solutions sont ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn et ^{210}Pb . Le plus problématique est ^{226}Ra . Pour réduire le volume des solutions de déchets, il est recommandé de réemployer l'eau et aussi d'en régler et d'en limiter la consommation. Le principal traitement des effluents acides consiste à les neutraliser avec de la chaux ou une combinaison de calcaire et de chaux pour obtenir un pH alcalin et de les traiter ensuite au moyen de sels de barium et de sodium d'acides gras à chaîne longue. A partir d'effluents contenant de 4 à 40 Bq/litre (100–1000 pCi/litre) de radium, ce traitement peut ramener la teneur à environ 0,07 à 0,2 Bq/litre (2–5 pCi/litre) ce qui est considéré comme acceptable. On traite de la même façon les solutions de décantation provenant du dispositif de retenue des déchets qui contiennent un excès d'eau.

Les solutions filtrant à travers les déchets se modifient avec le temps, surtout dans les résidus anciens contenant du soufre, avec production d'acide. On peut les réduire en aménageant judicieusement le dispositif de retenue des déchets, renvoyer par pompage ces solutions au dispositif ou bien les traiter en même temps que la liqueur de décantation. Il y a intérêt à établir un contrôle continu et prolongé des filtrations.

* Membre de la Section de la gestion des déchets à la Division du cycle du combustible nucléaire de l'Agence.

Les poussières de minerai sèches produites par les opérations d'extraction, les vapeurs qui se dégagent des traitements acides, les contaminants libérés dans l'air lors de la séparation et du séchage du concentré d'uranium sont traités par des procédés classiques tels que: extraction des poussières, cyclones, lavage et précipitation électrostatique. Le radon rejeté lors du traitement du minerai est difficile à capter mais on peut s'en rendre maître si le dispositif d'aspiration est judicieusement conçu.

Les résidus du traitement

Les résidus du traitement du minerai d'uranium, contenant des matières radioactives ou non-radioactives, sont les déchets solides et les liquides qui subsistent une fois l'uranium extrait du minerai. Les solides comprennent principalement l'essentiel du minerai primitif finement broyé mais aussi diverses substances chimiques précipitées à partir des déchets liquides.

On envoie par pompage la boue résiduaire à un dispositif de retenue où les solides se décantent et s'accumulent. Dans certaines installations on traite le minerai sans le réduire en poudre fine et les résidus sont transportés à l'état presque sec jusqu'à une aire de stockage.

La radioactivité spécifique des résidus de traitement du minerai d'uranium est faible. Le concentré produit par l'usine ne contient plus que 15% environ de l'activité primitive du minerai. Après décroissance des nucléides radioactifs dont la période est la plus courte, il reste dans les résidus quelque 70% de la radioactivité présente à l'origine dans le minerai. Vu les longues périodes du thorium et du radium, vu également la présence dans les déchets d'uranium résiduel dont la période est également très longue (des centaines de millions d'années), ces déchets resteront radioactifs pour une période pratiquement illimitée.

Comme au moins 97% du ^{226}Ra introduit dans l'usine traversent le processus de lixiviation sans se dissoudre, la teneur en radium des résidus n'est que légèrement inférieure à celle du minerai. La présence de ^{226}Ra entraîne une production continue de radon. Les particules que le vent détache de la surface des résidus peuvent présenter une certaine importance, mais ce sont les rejets de radon qui causent le plus de difficultés. On peut y parer en réduisant au minimum la surface exposée des résidus, en les recouvrant d'eau, d'une membrane imperméable ou d'une épaisse couche de terre. De plus, on peut diminuer la dose de radon au public en installant les dispositifs de retenue des déchets le plus loin possible des zones résidentielles existantes et en restreignant la construction de nouvelles zones au voisinage immédiat des résidus. Plusieurs pays ont proposé de fixer pour les émanations de ^{222}Rn provenant de résidus stabilisés une limite de $0,07 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($2 \text{ pCi m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

A l'heure actuelle, il ne semble pas qu'il y ait de solution généralement applicable autre que le stockage des déchets solides dans des dispositifs de retenue. On peut et on doit en choisir soigneusement l'emplacement, les construire conformément aux normes les plus rigoureuses, les exploiter avec précaution et les maintenir en parfait état d'entretien.

La retenue des déchets d'usine doit être conçue et exécutée de manière à en assurer la stabilité physique et chimique et à maintenir les fuites d'éléments radioactifs à un minimum acceptable. On limite les filtrations principalement en veillant à l'existence de barrières peu perméables et de faible transmissivité partout où une différence de niveau ou une pression pourraient avoir pour effet de chasser l'eau dans une direction opposée à celle du dépôt. Il existe divers systèmes pour assumer l'étanchéité, et le choix du site dépend dans chaque cas d'un très grand nombre de facteurs, dont la rigueur du contrôle nécessaire et le coût des travaux.

Lorsqu'une usine a été fermée, le contrôle, la surveillance et l'entretien des dispositifs de retenue de déchets continuent et continueront longtemps à poser des problèmes. Ils sont dus entre autres à la fluidité des boues, à la difficulté de restaurer la végétation, aux conditions météorologiques défavorables et aux précipitations, aux filtrations, et à la production d'acide lorsque les minerais contiennent des pyrites. On peut y remédier en concevant et en construisant le plus judicieusement possible un système de remblais. En restaurant la végétation à la surface de la décharge, on peut la protéger contre l'érosion éolienne. Si l'on aménage convenablement les courbes de niveau, la végétation peut aussi réduire l'érosion par l'eau et dans une certaine mesure la pénétration de l'humidité.

On fait depuis peu de grands efforts pour perfectionner les techniques de traitement des résidus et limiter leur action sur l'environnement. Les conceptions techniques dans ce domaine sont actuellement en pleine évolution.

Vu la faible radioactivité spécifique des résidus, la rupture du système de confinement et la lente dispersion qui en résulterait ne pourraient pas avoir de conséquences radiologiques catastrophiques ni même sérieuses, car seule une exposition durable à la radioactivité des résidus pourrait entraîner des effets nocifs. Mais même si l'on peut considérer que les conséquences lointaines d'une rupture du système de confinement des résidus ne sauraient être graves, nos responsabilités à l'égard des générations futures doivent nous inciter à gérer les résidus du traitement des minerais de manière à les stabiliser et à les confiner pour un temps illimité par les meilleurs procédés pratiques possibles.

L'évaluation des effets nuisibles à la santé doit prendre en considération le rôle important que jouent les radiosotopes ^{226}Ra , ^{222}Rn et ^{210}Pb dans les résidus, et ^{238}U ainsi que ^{234}U dans les opérations de fabrication du concentré d'uranium. On pourrait concevoir que l'émanation de ^{222}Rn se poursuive pendant plusieurs centaines de milliers d'années, l'activité de ^{226}Ra étant en équilibre avec ^{230}Th . La présence ininterrompue de ces nucléides-pères pendant des périodes aussi longues paraît toutefois improbable, et certaines évaluations ont pris pour hypothèse une durée de séjour moyenne de 1000 ans pour le radium et le thorium. Ces travaux estiment que l'engagement de dose collectif sera de 10 à 33 khomme-rem par GW/an pour les divers cycles du combustible. Ceci suppose que tout le ^{226}Ra sera passé des résidus dans les eaux des rivières et des lacs au bout de 1000 ans. Le radon n'apporte qu'une faible contribution à l'effet total. Une analyse détaillée

montre que la contribution apportée à l'engagement de dose collectif par la radioactivité qui reste dans les résidus du traitement est faible en comparaison de celle du fond naturel de rayonnement.

Les activités de l'AIEA

L'Agence étudie activement depuis des années les données radiologiques et technologiques du problème de la gestion des déchets dus au traitement du minerai d'uranium. Ces questions ont figuré à l'ordre du jour des colloques, séminaires et réunions internationales consacrés à la gestion des déchets.

A la Conférence de Nations Unies sur l'environnement humain tenue à Stockholm du 4 au 16 juin 1972, il a été demandé aux gouvernements d'étudier avec l'Agence et d'autres organismes compétents les possibilités de coopération internationale concernant les problèmes relatifs aux déchets radioactifs et notamment ceux qui ont trait au stockage des déchets résultant des opérations d'extraction et de traitement des minerais. L'Agence a donc continué d'accorder une grande attention à ces problèmes.

Un manuel sur la sécurité radiologique dans les mines et les usines de traitement d'uranium et de thorium a été publié en 1976, en coopération avec l'Organisation internationale du travail (OIT). L'AIEA a réuni un groupe d'experts chargé de recueillir la documentation de base nécessaire pour la rédaction d'un code et guide sur la gestion des déchets provenant de l'extraction et du traitement des minerais d'uranium et de thorium.

Cet ouvrage a été publié en 1976 (AIEA, Collection Sécurité N° 44). Cette publication a été approuvée et il a été recommandé aux Etats Membres d'en tenir compte pour l'établissement de leurs règlements nationaux.

Depuis 1978, des groupes d'experts de l'AIEA étudient les pratiques actuelles et les solutions possibles pour le confinement des résidus du traitement des minerais d'uranium. Un rapport technique sur ce sujet paraîtra en 1981. Il exposera les pratiques actuellement suivies pour l'immobilisation de ces résidus et le choix des emplacements. Dans le même ordre d'idées, on a réalisé de 1976 à 1980 un programme de recherches coordonnées sur les sources, la distribution, les mouvements et le dépôt du radium dans les voies fluviales et les aquifères. Un rapport sera publié en 1982.

Vu l'évolution qui s'est produite au cours des dernières années et l'importance que prend et prendra le sujet, on juge opportun de réunir en 1982 (en coopération avec l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire) un colloque qui examinera les techniques de traitement et les pratiques de la gestion des déchets des mines et usines d'uranium. Ce sera le premier colloque de l'AIEA exclusivement consacré à ce sujet; il permettra de constater l'état d'avancement des programmes de recherche et développement et d'envisager l'évolution probable dans un proche avenir. On projette de réviser et de mettre à jour, à partir de 1982, le code et guide sur la gestion des déchets provenant de l'extraction et du traitement de minerais d'uranium.

Opération de lixiviation en tas dans le Wyoming (Etats-Unis): la solution de lixiviation entraîne l'uranium contenu dans le minerai à faible teneur. Les opérations de ce genre produisant des effluents et des déchets, l'environnement doit être protégé par les méthodes décrites dans l'article.

