

# Mines d'uranium: le problème de la régénération de l'environnement

*L'AIEA contribue à la solution des problèmes qui se posent en Europe centrale et orientale et dans les pays nouvellement indépendants*

par  
**Giorgio Gnugnoli,  
Michele Laraia  
et Peter Stegnar**

Dans le sillage des changements politiques intervenus en Europe centrale et orientale (ECO) et de l'avènement des Etats nouvellement indépendants (ENI) issus de l'ex-Union soviétique, on a beaucoup appris sur la situation écologique de ces régions. L'industrialisation à grande échelle et l'épuisement des ressources naturelles allaient de pair avec les quotas de production à atteindre, de sorte que la protection de l'environnement était bien souvent négligée.

Le nouveau climat politique se prêtait à des révélations, souvent fragmentaires, sur la contamination radioactive de certains sites. Par ailleurs, il a favorisé dans ces pays une ouverture vers la collaboration avec nombre de pays dont ils se trouvaient auparavant isolés.

Bien que la nécessité d'une régénération de l'environnement ne se fasse pas sentir seulement dans ces régions, celles-ci connaissent des circonstances particulières qui peuvent donner lieu à des difficultés supplémentaires. Contrairement à certains pays où les activités minières étaient localisées dans des régions éloignées (par exemple, aux Etats-Unis) ou produisaient relativement peu de déchets, les pays de l'ECO et les ENI se heurtent à un surcroît de difficultés logistiques pour deux raisons évidentes. Premièrement, les déchets radioactifs se sont accumulés en bien trop grandes quantités pour que l'on puisse les enlever à un prix raisonnable. Deuxièmement, d'autres sites d'évacuation n'existent pas ou sont impraticables.

Pendant les années 80 et les premières années 90, de nombreuses mines d'uranium déjà anciennes ont été fermées à cause d'une diminution de la demande d'uranium et d'une augmentation de l'offre globale. La chute des prix qui a suivi et le coût des mesures complémentaires qu'appelaient les nouvelles exigences de la société en matière de sûreté radio-

logique et de protection de l'environnement ont fait que nombre de mines exploitant des gisements à faible teneur ont cessé d'être rentables. Ce facteur économique est venu compliquer encore la mise en œuvre de la régénération des sites.

Certaines de ces installations rouvriront probablement lorsque la demande et les prix remonteront, mais nombre d'entre elles seront définitivement fermées et devront être déclassées. Comme cette situation s'est créée dans un temps relativement court, ces pays n'ont consacré que peu de ressources à la remise en état ou même simplement à la sûreté des zones contaminées.

Plusieurs facteurs contribuent à l'aggravation du risque de contamination radioactive:

- une exploitation de longue durée;
- plus le minerai est riche, plus la dose de rayonnement due aux déchets augmente;
- les conditions climatiques (par exemple, la pluie ou le vent) favorisent beaucoup la dispersion de la contamination;
- les pays dont les moyens sont limités ne peuvent consacrer que des ressources marginales à la régénération de l'environnement.

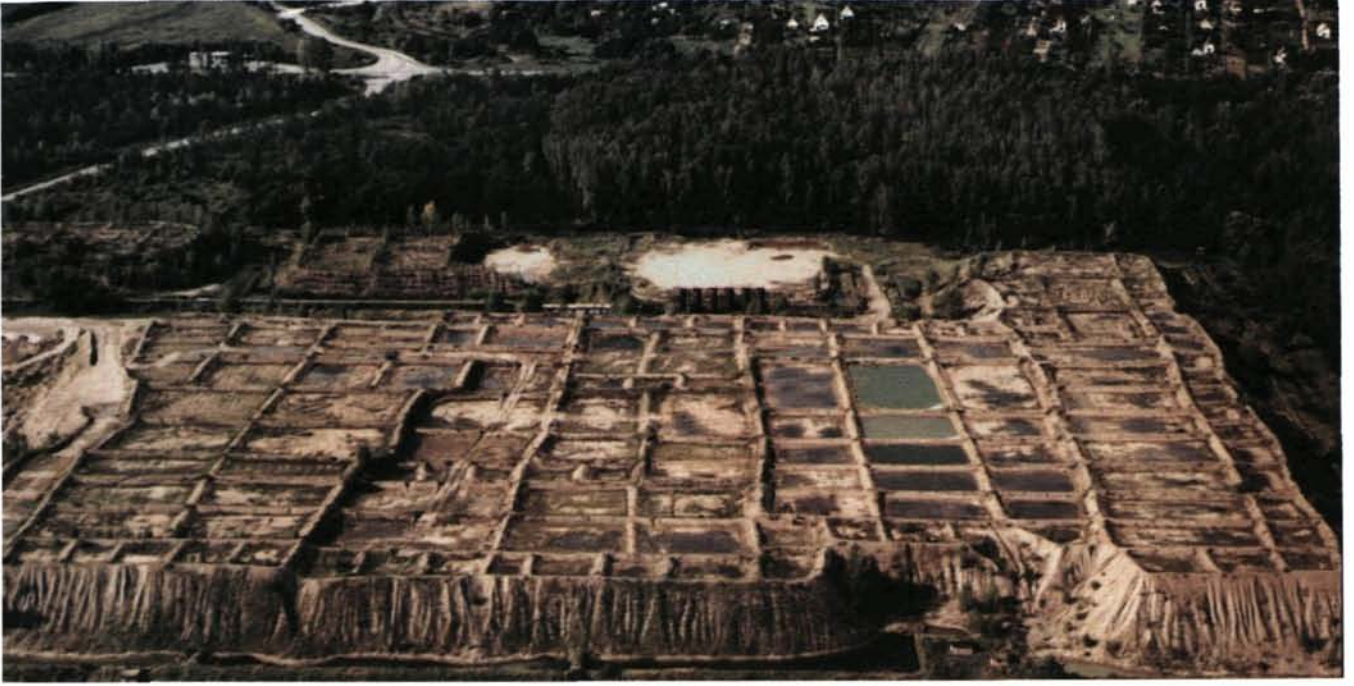
Il est regrettable que ces conditions soient communes à la plupart des pays en question. Nous présenterons brièvement dans cet article les problèmes courants de planification et de mise en œuvre des projets de régénération de l'environnement dans ces derniers.

## **Circonstances et difficultés fondamentales**

Bien que la situation en matière de politique, d'économie et d'infrastructure soit la même dans nombre de pays de l'ECO et de l'ex-Union soviétique, on peut noter de grandes différences entre eux. En général, on distingue trois catégories de circonstances fondamentales en ce qui concerne la restauration écologique:

- celle des pays dont l'industrie de l'uranium est peu développée, donc avec peu de déchets d'extrac-

M. Gnugnoli et M. Stegnar sont membres du Département de la sûreté nucléaire de l'AIEA; M. Laraia est membre du Département de l'énergie nucléaire.



tion et de broyage et peu de sites contaminés (par exemple, la Pologne);

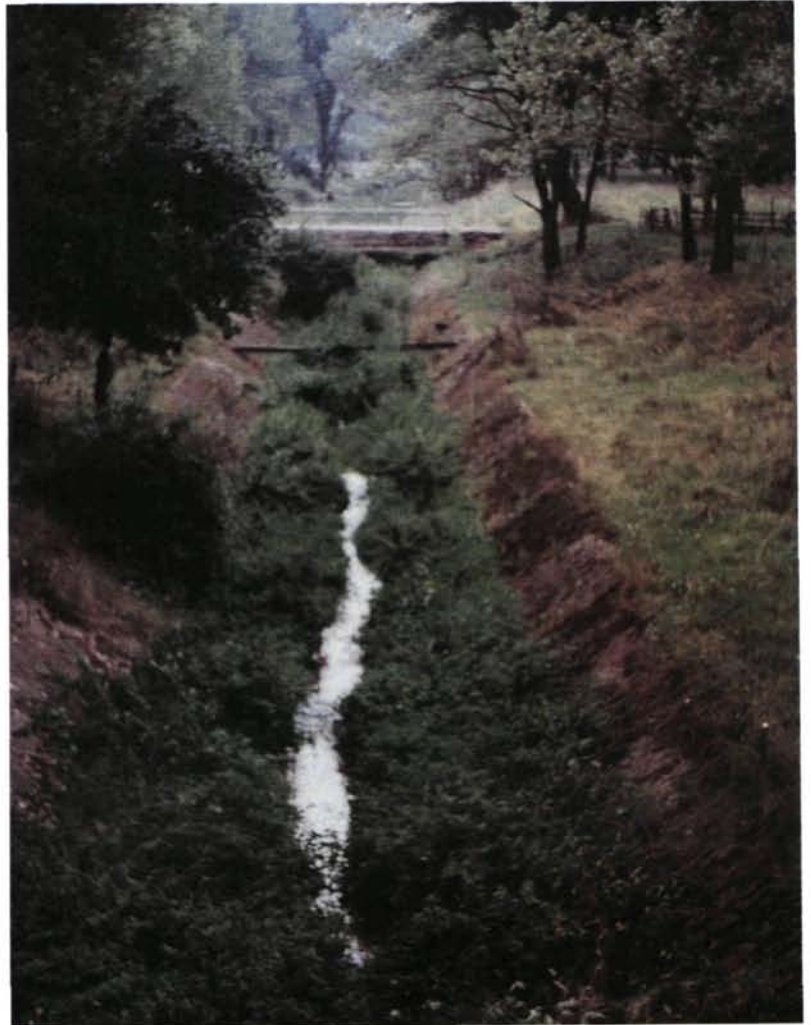
- celle des pays dont l'industrie de l'uranium est plus développée, avec plusieurs installations minières, et dont les ressources naturelles sont modérément atteintes (par exemple, la Roumanie);

- celle des pays dont l'industrie de l'uranium est pleinement développée, avec de nombreuses installations, et dont les ressources naturelles sont gravement atteintes (par exemple, la République tchèque).

Les problèmes résultant habituellement des activités passées de l'ensemble des pays sont les suivants: émanations de radon; contamination des eaux souterraines; sources de contamination à proximité des zones peuplées; manque de moyens pour régénérer l'environnement; recherche de dépôts de remplacement; absence de règlement ou de cadre réglementaire pour la régénération; emploi abusif des schlamms comme matériaux de construction; absence d'opérateurs responsables; et stocks importants et trop dispersés.

Dans certains cas, la situation des eaux souterraines est si grave que d'importantes sources d'eau potable sont menacées par une contamination radiologique et chimique. Dans les pays de l'ECO, il est fréquent, par ailleurs, que des installations de production d'uranium soient situées à proximité de zones peuplées, ce qui explique pourquoi les stériles et les schlamms sont utilisés à l'occasion comme matériaux de construction, d'où une exposition cons-

**Ci-dessus:** Sur le site d'extraction et de broyage du minéral d'uranium de Pécs, en Hongrie, entassement de stériles en vue de leur lessivage. (Photo: Mines Mecsekore, Hongrie). **A droite:** Fossé contaminé traversant le village de Yana, à proximité de la mine de Buhovo, en Bulgarie.



tante au radon dans les locaux, un des principaux risques radiologiques.

### Problèmes particuliers de la régénération de l'environnement dans la région

**Caractéristiques des sites.** L'emplacement et la nature des sites contaminés par la radioactivité dans les pays de l'ECO sont probablement la difficulté majeure à laquelle se heurtent les projets de régénération. Les données dont on dispose sont à la fois incomplètes et peu fiables, alors qu'une information précise sur la contamination radioactive des sites s'impose pour que l'effort soit rentable.

**Réglementation.** Dans nombre de pays concernés, l'ancienne réglementation doit être modifiée en fonction des structures politiques nouvelles ou profondément remaniées, et celle qui s'y substituera est encore à l'état de projet ou commence tout juste à prendre forme. La période de transition nécessaire pour opérer les changements et préciser les nouvelles responsabilités compliquera sans doute le processus décisionnel.

**Financement.** Divers organismes extérieurs (Banque mondiale et Banque européenne pour la reconstruction et le développement) ainsi que plusieurs pays et groupes de pays (Union européenne) offrent une assistance. Un manque de coordination risquerait de mener à des chevauchements entre projets aboutissant à un gaspillage des fonds disponibles, et il pourrait s'avérer difficile, dans les pays eux-mêmes, d'assurer une affectation et une répartition judicieuses des ressources financières.

**Infrastructures disponibles.** Pour résoudre le problème posé par les programmes d'assainissement, les pays doivent disposer d'une infrastructure et d'installations permettant de traiter, de stocker et d'évacuer sans risque les déchets radioactifs issus de la régénération. Dans nombre des pays dont nous nous occupons, les différentes phases du cycle du combustible nucléaire étaient coordonnées à l'échelon régional mais, dans la plupart d'entre eux, l'infrastructure nécessaire a partiellement disparu. Un accès difficile aux moyens de gestion des déchets radioactifs ne peut que nuire aux opérations de nettoyage.

**Les différences s'accroissent entre les pays de l'ECO et les ENI.** De grands projets bien coordonnés seront probablement plus rentables et efficaces pour ces régions que des programmes nationaux indépendants. Toutefois, il semble que les pays intéressés cherchent à emprunter des voies différentes, car leurs objectifs économiques et politiques actuels ne sont pas identiques. Cela n'est pas propice à l'usage rationnel des ressources destinées à la régénération de l'environnement. La proximité géographique, la similitude des structures politiques

ainsi que l'existence de déchets de même nature imposent la collaboration et le recours à une technologie et à des pratiques identiques.

**Attitude du public.** Les projets de régénération de l'environnement se heurtent à un autre problème: l'opinion des gouvernements, des milieux scientifiques et du public sur la question des déchets radioactifs. Dans ces régions, des substances contaminées par la radioactivité ont été couramment utilisées et manipulées selon des pratiques périmées pendant près de 50 ans, de sorte que la population n'a pas eu d'autre choix que d'accepter la présence de déchets radioactifs dans son environnement. Bien souvent, les habitants ne soupçonnaient même pas la présence de ces substances à proximité immédiate de leur lieu de résidence. La situation est en train de changer, semble-t-il, car les populations concernées commencent à comprendre les risques inhérents à ces déchets.

### Solutions pour les sites contaminés

A maints égards, les méthodes utilisées pour traiter la contamination et les rejets des installations minières en service sont analogues à celles du passé: la contamination hors site résultant de l'érosion est analysée et, si cela est faisable, enlevée et ramenée sur le site. L'application de certaines pratiques et stratégies en cours d'exploitation réduirait considérablement le travail de régénération au moment de la fermeture de l'installation.

**Extraction et broyage.** Diverses techniques, combinées à des mesures de ségrégation et d'enfouissement, assurent une élimination plus sûre et plus efficace des déchets. Elles comportent l'aspersion des tas de minerais et des décharges de schlamms avec de l'eau ou un stabilisateur chimique; des filtres à sac au niveau du broyage et du mélange; des séparateurs par voie humide combinés à des filtres à sac au niveau du séchage et du conditionnement de  $U_3O_8$ ; la consolidation au ciment des parois intérieures de la mine; la neutralisation des déchets liquides et la ventilation des mines souterraines.

**Isolement des déchets et entassement des stériles.** Les techniques de gestion des déchets appliquées dans les installations minières classiques sont l'enfouissement, le remblayage de la mine et l'évacuation dans des bassins de diverses profondeurs. Elles peuvent être considérablement renforcées par des mesures complémentaires de protection de l'environnement telles que:

- le remblayage des mines avec des agrégats sol/roche;
- le cloisonnage des mines;
- la neutralisation chimique;
- l'endiguement étanche des déchets liquides;
- l'évacuation en tranchées progressives;

- le pompage de l'eau du sol;
- la canalisation et le traitement des eaux de drainage et d'infiltration.

**Opérations minières spéciales.** Les ressources minérales sont d'une nature qui ne permet pas toujours de les extraire ni de les broyer commodément ou économiquement par les méthodes classiques. Des procédés industriels facilitent ces opérations, à moindre coût. Ces techniques dites spéciales impliquent un travail généralement de moindre envergure. Les principales sont le lessivage *in situ*, le lessivage en tas et la récupération des sous-produits. Si les pays dont nous parlons entretiennent et utilisent convenablement le matériel nécessaire, par ailleurs peu onéreux, ils pourront maintenir leur production de  $U_3O_8$  tout en s'épargnant les problèmes et les risques des grands dépôts de déchets en surface.

Dans certains de ces pays (Bulgarie et République tchèque, par exemple), l'extraction *in situ* et le broyage classique ont été utilisés. Le lessivage en tas a été pratiqué en Hongrie. Dans son principe, la récupération des sous-produits consiste à profiter d'une opération pour pratiquer une extraction complémentaire dans le courant principal, ou même dans celui des déchets. Par exemple, d'anciennes installations d'extraction et de broyage de minerai d'uranium, au Kirghizistan (Karabalta), seront transformées pour la récupération de l'or. Le lessivage en tas et la récupération des sous-produits sont des opérations assez distinctes et faciles à contrôler, tandis que le lessivage *in situ* exige que l'on surveille de plus près le déroulement des opérations pour éviter une contamination des formations aquifères exploitables.

### Méthodes actuelles de régénération

La méthode d'élimination de la contamination résultant de pratiques antérieures d'extraction et de broyage des minerais d'uranium et de thorium est très semblable à celle qui est appliquée pour la remise en état du site au moment de la fermeture d'une installation minière jusque-là en exploitation. Il est difficile de décider jusqu'où doit aller la régénération car l'impact de ce genre d'installation ne se manifeste généralement qu'après plusieurs années. Le risque est effectivement plutôt latent et progressif. Les opérations suivantes sont à envisager:

**Terrassement.** Il faut disposer de pelles-grues, de bulldozers et de planeuses. En outre, la contamination radioactive des sols et des roches exige une surveillance radiologique du personnel et du matériel, ainsi qu'une décontamination de ce matériel et des lieux de travail.

**Nettoyage des matières contaminées.** Des résidus d'opérations passées ont servi à des travaux de cons-

truction hors du site. De ce fait, des déchets radioactifs se trouvent en abondance dans des structures et dans des sols qui normalement n'auraient pas été contaminés. En pareil cas, contrairement à ce qui se passe avec les installations nucléaires, le degré de réhabilitation possible est limité. Il serait utile, en l'occurrence, d'assouplir la réglementation et de traiter *in situ* les stériles utilisés pour la construction d'une voie ferrée, car leur enlèvement et la reconstruction causeraient bien d'autres perturbations.

**Régénération des eaux souterraines et de surface.** Elle pose un problème technique encore plus sérieux. Dans le cas d'une couche aquifère profonde, les coûts sont tels qu'il faut compter dans une large mesure sur la régénération naturelle. Plusieurs pays de l'ECO et de l'ex-Union soviétique sont confrontés avec le problème des masses d'eaux contaminées. D'autres en sont encore au stade des études visant à déterminer l'étendue de cette contamination.

Compter exclusivement sur l'une ou l'autre des techniques les plus onéreuses peut dépasser les moyens dont dispose tel ou tel pays et il y aurait intérêt à considérer une stratégie combinant la régénération naturelle avec un traitement actif de l'eau (échange ionique, notamment). La disparition du terme source est bien souvent un avantage immédiat. Les tas de stériles et autres matières radioactives à découvert devraient être isolés et stabilisés dans les meilleurs délais. La pluie peut en effet agir sur ces déchets et créer des problèmes de contamination supplémentaires (solutions acides, par exemple).

L'avantage d'une action partielle est un élément important de toute stratégie; la régénération naturelle, ou toute approche plus simple encore, peut être grandement facilitée si l'état de la couche aquifère ou de la masse d'eau est préalablement amélioré (par exemple, en corrigeant le pH avec un adoucissant comme la chaux), laissant à la nature le soin de faire le reste.

**Surveillance.** Pour bien déterminer l'étendue du problème et mesurer les effets d'une stratégie de régénération, il faut un système de surveillance rationnel, efficace et fiable, car c'est ainsi que l'on pourra constater, en dernière analyse, si les mesures prises ont atteint leur but.

### Programmes de l'AIEA concernant les mines d'uranium

Le programme de gestion des déchets de l'AIEA comporte trois volets principaux:

- préparer une documentation pour aider les pays à mettre en œuvre leurs programmes nationaux;
- offrir un lieu de rencontre et un centre pour l'échange d'informations techniques;

● favoriser l'assistance et la coopération techniques en faveur des pays en développement aux fins de l'utilisation pacifique des matières nucléaires.

Voici deux exemples des initiatives récentes de l'AIEA dans le cadre de ce programme.

Un programme de normes de sûreté pour les déchets radioactifs (RADWASS) prévoit la publication de guides sur l'extraction et le traitement des minerais d'uranium, y compris un projet de norme de sûreté sur la décontamination des installations et la régénération de l'environnement.

L'AIEA a également assisté un projet régional de coopération technique sur la régénération de l'environnement dans les pays de l'ECO. L'effort porte essentiellement sur le type et le volume des déchets et sur la planification de la mise en œuvre des stratégies de nettoyage. Une série d'ateliers ont été organisés en 1993-1994 dans plusieurs de ces pays pour étudier les caractéristiques des dépôts de déchets, la planification de la régénération, son exécution et les techniques à utiliser. Parmi les types de sites traités figuraient les mines d'uranium et leurs annexes, mais le projet ne portait pas seulement sur la contamination qui leur est associée, mais aussi sur le cas de Tchernobyl, par exemple. Les pays ayant l'expérience de la remise en état de sites comportant des déchets radioactifs ont pris part aux travaux. Dans la mesure du possible, les services responsables de la surveillance et de la décontamination des sites ont été précisés. Sans un organisme responsable, le doute plane sur le démarrage, l'exécution et l'achèvement de toute opération de régénération.

Le projet de coopération technique, dont la tranche 1995-1996 est en cours, consiste à fixer des plans de travail pour la remise en état des sites de mines contaminés. Au-delà de 1996, l'activité passera au plan national afin d'étudier plus spécialement les particularités de chaque site de ce type d'installation. L'AIEA vient de publier les résultats des travaux de ces ateliers (TECDOC-865).

### Tout n'est pas résolu

A mesure qu'ils accèdent à l'économie mondiale, les pays de l'ECO et les ENI se heurtent aux dures réalités de la concurrence dans le secteur industriel privé, y compris celui de l'uranium. Bien que certains d'entre eux disposent toujours de quantités appréciables de minerai d'uranium, ils doivent encore faire face aux séquelles de pratiques périmées de gestion des déchets qui leur ont légué une masse imposante de schlamms et de stériles, ou autres déchets industriels.

La communauté internationale, consciente de cette situation, s'est efforcée d'aider ces pays de différentes manières. L'AIEA contribue à cet effort dans le cadre de son programme de coopération technique, tout en veillant au respect des critères et des normes internationalement agréés, pour s'assurer que la mise en valeur des ressources de l'industrie de l'uranium dans l'avenir ainsi que la décontamination de l'environnement souillé par l'héritage du passé se fassent en évitant les erreurs d'autrefois.



Mine d'uranium  
à ciel ouvert  
de Uchkouduk,  
en Ouzbékistan.

(Photo: C. Bergman, AIEA)