

ASSAINISSEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

STRATÉGIES ET TECHNIQUES DE DÉPOLLUTION DES SITES CONTAMINÉS PAR LA RADIOACTIVITÉ

W. EBERHARD FALCK

Les mesures en faveur d'un environnement plus propre et plus sûr, y compris l'assainissement des sites contaminés présentant un risque radiologique pour les humains et l'environnement, figurent depuis quelques années en bonne place dans les programmes sociaux et politiques.

Peuvent présenter des risques radiologiques diverses activités, nucléaires ou non :

- accidents nucléaires ou radiologiques;
- production et essais d'armes nucléaires;
- mauvaises pratiques de gestion et de stockage des déchets radioactifs;
- activités industrielles faisant intervenir des matières radioactives;
- activités traditionnelles d'extraction et de traitement de minerais et autres activités de production – de pétrole et de gaz, par exemple – se soldant par des concentrations accrues de matières radioactives naturelles.

L'AIEA a élaboré un programme complet d'assainissement des sites contaminés par la radioactivité. Ce programme rassemble et diffuse des informations concernant les sites contaminés; les méthodes de caractérisation appropriées à ces sites; l'évaluation de leurs effets environnementaux et radiologiques potentiels; et les méthodes applicables à leur dépollution conformément aux

critères de sûreté internationalement recommandés. L'objectif est de permettre aux régions disposant de ressources limitées et technologiquement moins avancées de concentrer leurs efforts et de choisir des stratégies appropriées de réduction ou d'élimination de l'exposition aux rayonnements. L'intention est de "boucler la boucle" du cycle du combustible nucléaire aux fins du développement d'une énergie durable, y compris l'énergie nucléaire.

Les activités font intervenir de nombreux facteurs interdépendants, dont le cadre juridique et institutionnel, les conditions socio-économiques et la nécessité d'équilibrer performance technologique et réduction des risques dans le cadre de ressources budgétaires fixes et limitées. Ce qui importe, c'est l'efficacité globale d'un projet d'assainissement et pas seulement l'effet de l'activité d'assainissement elle-même.

La perception par le public de l'assainissement et de ses résultats peut être déterminante dans l'élaboration du projet, car elle influence invariablement les décisions stratégiques et techniques. L'analyse coûts/avantages compte tenu des ressources disponibles a une influence décisive. Les raisons sous-jacentes de l'assainissement, qui peuvent être économiques – future utilisation des sols, par exemple – ou éthiques, doivent aussi être prises en compte.

Facteurs influençant le choix des pratiques d'assainissement.

L'assainissement de sites contaminés par la radioactivité s'effectue sur la base des orientations et critères de l'AIEA et de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Il s'offre, dans ce cadre, toute une gamme de solutions techniques allant, en fonction de l'ampleur de la contamination, du "ne rien faire" à l'élimination totale du contaminant.

Une prise en compte appropriée de tous les facteurs influençant l'issue d'un projet d'assainissement permettra de trouver, à partir de connaissances données, une solution optimale qui satisfera les objectifs sociétaux visés et ajoutera de la valeur au projet lui-même. Une démarche structurée d'évaluation des techniques existantes et de leur applicabilité ainsi que la prise en compte des variables et facteurs influençant le choix d'une de ces techniques accroîtront la transparence et, partant, la probabilité que tous les acteurs acceptent ce choix. Une telle démarche est également indispensable pour garantir l'actualisation des procédures de contrôle et d'assurance de la qualité. De ce fait, la technique

M. Falck est fonctionnaire à la Section de la technologie des déchets de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets.

DOCUMENTS ET ACTIVITÉS DE L'AIEA RELATIFS À L'ASSAINISSEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

SÛRETÉ	GESTION	BASES DE DONNÉES	TECHNOLOGIE	THÈMES PARTICULIERS
Dépollution de zones contaminées par des activités et accidents passés – Prescription de sûreté en préparation	<i>Facteurs de formulation d'une stratégie de restauration de l'environnement</i> TECDOC-1032	<i>Répertoire de sources d'information sur l'assainissement de l'environnement</i> TECDOC-841	<i>Techniques d'assainissement des sites contaminés par la radioactivité</i> TECDOC-1086	Techniques de stabilisation et d'isolement à long terme des résidus de traitement de l'uranium – TECDOC en préparation
Gestion des déchets radioactifs provenant de l'extraction et du traitement de minerais – Guide de sûreté en préparation	<i>Caractérisation des sites contaminés par la radioactivité à des fins d'assainissement</i> TECDOC-1017	Répertoire des sites contaminés par la radioactivité – TECDOC en préparation	<i>Solutions techniques d'assainissement des eaux souterraines</i> TECDOC-1088	Contamination de l'environnement par des matières radioactives naturelles et mesures d'atténuation correspondantes – TECDOC en préparation
Suivi & surveillance de la sûreté radiologique des résidus d'extraction et de traitement de l'uranium/thorium – Rapport de sûreté en préparation	<i>Surveillance de la conformité des sites assainis</i> TECDOC-1118	Coûts d'assainissement – TECDOC en préparation	<i>Techniques de caractérisation des sites utilisées dans la restauration de l'environnement</i> TECDOC-1148	Assainissement de sites contaminés par des substances dangereuses et radioactives – Projet de TECDOC
	Facteurs influant sur les pratiques d'assainissement de l'environnement – TECDOC en préparation		Assainissement de sites présentant de faibles niveaux de contamination par la radioactivité – Projet de TECDOC	

Les publications de l'AIEA sont disponibles auprès de la Division des services de conférence et de documentation.

Mél.: sales.publications@iaea.org.

Voir également le site Internet WorldAtom : <http://www.iaea.org/programmes/ne/nefw/nefwpubl.htm>

et la stratégie retenues ne seront peut-être pas les meilleures au sens purement technique, mais elles tiendront compte de considérations sociales et économiques.

Il existe, cependant, d'importantes divergences quant aux méthodes d'incorporation formelle de tous ces facteurs. Cela va d'un recours pur et simple à l'opinion d'experts, par classement qualitatif, à des estimations quantitatives complexes à plusieurs variables. Ces estimations nécessitent souvent un dénominateur commun et obligent à convertir, à des fins de comparaison, des propriétés non numériques en catégories numériques. Une vive controverse fait rage quant aux méthodes de conversion, principalement en raison de la "monétarisation" souvent inévitable des principes éthiques.

Les facteurs influençant le choix des techniques d'assainissement de l'environnement font l'objet d'un projet de l'AIEA, et un futur document

technique présentera d'éventuels concepts et démarches.

Cerner le problème des sites contaminés. L'AIEA s'efforce – tâche herculéenne – de constituer un répertoire mondial des sites contaminés par la radioactivité. Ce répertoire doit devenir un important moyen de collecte et de diffusion d'informations par l'intermédiaire d'Internet. Grâce aux contributions des États Membres, le répertoire fournira, outre des données de base concernant un grand nombre de sites contaminés, des informations sur les mesures d'assainissement prises.

La définition de ce qui constitue une "contamination" demeure un important obstacle à la constitution d'un tel répertoire. En raison des importantes différences qui existent entre les législations nationales, il est difficile de s'entendre sur une définition de ce qui est "contaminé".

Hormis les définitions scientifiques fondées sur des concentrations, des activités ou des

débits de dose, il peut être établi, à des fins administratives, des définitions ou classifications tenant compte de considérations plus générales, notamment socio-économiques et politiques. La présence d'un site dans un répertoire international peut cependant avoir pour un pays d'importantes conséquences. C'est ce qui explique la réticence dont font parfois preuve les États Membres. Il a donc été décidé, pour la suite de l'élaboration du registre, de ne répertorier que des sites pour lesquels les États Membres fournissent officiellement des informations.

Le répertoire a pour objet non seulement d'énumérer des sites contaminés, mais aussi d'informer sur les mesures d'assainissement appropriées. Il pourra aussi servir de modèle à des projets analogues menés au niveau national.

Promotion de techniques rentables. Les États Membres de l'AIEA ont, en matière d'assainissement de sites contaminés

par la radioactivité, des niveaux très différents d'expérience et de connaissances. Le domaine de l'assainissement de l'environnement a été, au cours de la décennie écoulée, le témoin de progrès rapides qui ont accru la nécessité de diffuser des informations concernant les méthodes appropriées, efficaces et rentables de dépollution.

Du fait de la diversité des causes et formes de contamination de l'environnement par les radionucléides, les solutions techniques varient. Chaque milieu contaminé nécessite une approche spécifique. Fort à propos, l'AIEA a abordé, dans des documents techniques spécialisés (*voir encadré page 21*), le problème des sols et eaux souterraines contaminés ainsi que le suivi de la conformité à des normes préfixées et à des niveaux acceptés de contamination résiduelle.

On dispose aujourd'hui de techniques rodées d'assainissement de sites présentant des concentrations relativement élevées de contamination bien définie. L'élimination de contaminations éparses et relativement faibles continue cependant de poser un problème lorsque l'on considère des facteurs tels que le coût et les nuisances minimales causées à l'environnement.

Des questions analogues se posent en ce qui concerne la réduction de la contamination résiduelle suite à d'autres mesures correctives, l'efficacité de la plupart des techniques diminuant de façon exponentielle avec la contamination restante. La réponse réside probablement dans des solutions de faible intensité, peu techniques et, partant, peu coûteuses. Un document technique à paraître sur ce sujet rassemblera et examinera des

APPUI AUX MESURES PRISES EN BULGARIE

De nombreux pays d'Europe centrale et orientale menaient auparavant des activités d'extraction d'uranium d'ampleur et d'importance diverses. Si dans la plupart d'entre eux, les activités n'ont pas dépassé le stade de l'exploration, en Bulgarie, la qualité et les réserves de minerai ont permis la création de plusieurs mines et de deux usines de traitement. Suite aux changements politiques et à la chute du prix de l'uranium, ces activités ont cependant été abandonnées au milieu des années 90. Dans le cadre d'un projet de coopération technique, l'AIEA a aidé les autorités à mettre sur pied une infrastructure de surveillance radiologique et les a conseillées en matière de déclassé et de dépollution des sites d'extraction et de traitement. Les travaux se sont concentrés sur les bassins de résidus de traitement de Buhovo, qui étaient instables et libéraient des contaminants vers la plaine alluviale située en contrebas. La formation a consisté en des missions d'experts spécialisées, notamment, dans le traitement des effluents et en un atelier de deux semaines sur l'évaluation des risques liés à l'extraction et au traitement de l'uranium. Ont bénéficié de cette formation non seulement des fonctionnaires des ministères concernés, mais aussi des employés de l'ancienne société d'extraction chargée de l'opération d'assainissement. Le soutien et la formation fournis par l'AIEA ont aidé les autorités bulgares à mieux comprendre et orienter l'aide fournie par le programme PHARE de l'Union européenne, qui soutient une grande partie des travaux d'assainissement en cours.



Photos : En haut, tas de déchets d'extraction à Buhovo en 1995. En bas, installation de sorption de Buhovo en 1995.

LES ENSEIGNEMENTS DE L'ALLEMAGNE

L'ex-Allemagne de l'Est était, jusqu'en 1990, un important fournisseur et le deuxième producteur mondial d'uranium. Après la dissolution de l'URSS et la réunification de l'Allemagne, il a été pris la décision politique d'interrompre toutes les activités d'extraction de la société Wismut. L'AIEA offrant une assistance technique aux pays en développement, elle s'est appuyée, pour ses projets de coopération liés à la fermeture, au déclassement et à l'assainissement de nombreux sites d'extraction et de traitement, sur l'expérience de l'Allemagne. Wismut, par exemple, a détaché des experts dans le cadre de missions de l'AIEA et reçoit des stagiaires d'États Membres de l'Agence confrontés à des problèmes similaires. Les programmes de l'AIEA aident ainsi à diffuser des informations et des données d'expérience concernant l'assainissement des mines à ciel ouvert et profondes ainsi que des installations de stockage de résidus d'extraction et de traitement.



Photos : Assainissement de la décharge d'Hammerberghalde. En haut : vue en 1960. Au milieu : vue en 1993. En bas : vue en 1997. (Crédit : Wismut GmbH).

informations et des données sur des techniques et stratégies appropriées telles que l'assainissement phytologique ou biologique, ou l'atténuation naturelle surveillée. La validité et la pertinence de ces techniques et leurs conditions d'application seront également examinées.

De nombreux sites souffrent d'une contamination à la fois traditionnelle – par des matières

dangereuses – et radioactive, généralement liée à d'anciens sites industriels (matières radioactives naturelles dérivées ou présentes dans les résidus) ou civils et militaires liés à des instituts de recherche nucléaire (solvants de traitement), à des sites d'extraction et de traitement (métaux lourds et arsenic) et à d'anciennes pratiques de stockage (stockage mixte de déchets dangereux et faiblement

radioactifs). Les problèmes écologiques proviennent principalement de l'interaction des différents contaminants – métaux lourds et radionucléides, par exemple – et de leurs différences de nature chimique et de comportement, tant dans les conditions existantes qu'en réaction aux activités d'assainissement.

Une technique d'assainissement donnée peut fixer *in situ*

ou éliminer un contaminant et, dans le même temps, en mobiliser un autre. Les déchets mixtes provenant d'opérations d'assainissement peuvent poser un problème technique et administratif supplémentaire. Il faut soit trouver un mode de stockage adapté aux différents contaminants et respectant les prescriptions légales qui s'y appliquent, soit séparer les contaminants.

Ces questions seront abordées dans le cadre d'un futur projet de l'AIEA, qui fournira des exemples de cas de contamination et décrira les mesures correctives prises. Ces cas seront analysés afin de définir les facteurs et procédures de prise en charge. Il sera mis au point une procédure qui aidera à déterminer les associations potentiellement problématiques de contaminants et à résoudre ces problèmes.

Assistance aux pays. L'AIEA aide de diverses façons les États Membres à évaluer les problèmes de contamination radiologique et à dépolluer ces sites. Au début des années 90, elle a lancé un projet régional de coopération technique associant la plupart des pays d'Europe centrale et orientale afin d'évaluer l'ampleur des problèmes écologiques liés aux rayonnements. Ce projet a aidé à cerner les problèmes et à mieux comprendre les besoins de chaque État.

Deux problèmes importants ont suscité et continuent de susciter des préoccupations : celui des terres touchées par l'accident de Tchernobyl et celui des sols contaminés par l'extraction et le traitement de l'uranium.

Une assistance directe est fournie aux États Membres dans le cadre de projets de coopération technique. L'Agence a ainsi aidé – par des missions d'experts, des stages de formation et l'offre de matériel de surveillance et d'analyse – la République tchèque, la Slovaquie et la Bulgarie à gérer les conséquences de l'extraction d'uranium (*voir encadré page 22*). Une assistance similaire est offerte au Portugal dans le cadre d'un nouveau projet.

Les États Membres participent aussi à des projets de recherche coordonnée (PRC), qui réunissent des chercheurs travaillant sur des problèmes similaires. Un PRC sur les techniques de caractérisation des sites a récemment été achevé et un autre – sur les techniques de stabilisation des résidus de traitement de l'uranium – a été lancé en 2000.

Les résidus de traitement de l'uranium sont fréquemment stockés dans des bassins de retenue peu profonds situés à proximité de la mine ou de l'usine de traitement. Ces bassins ont souvent été aménagés de façon empirique, en utilisant des dépressions géomorphologiques. De ce fait, on s'est peu ou pas soucié d'isoler les résidus de leur environnement. Le risque lié à ces résidus tient à leur teneur en radionucléides à longue période et en autres éléments dangereux – métaux lourds et arsenic, par exemple.

Des facteurs géomécaniques tels que la stabilité des déblais, des digues et des retenues posent des problèmes techniques classiques dont la plupart des États Membres

tiennent compte dans leur réglementation. Les effets écologiques et radiologiques – comme les émanations de radon et la lixiviation de contaminants dans les eaux de surface et souterraines – sont en revanche souvent négligés. Pour réduire au maximum et durablement les effets écologiques, le PRC propose des solutions théoriques et pratiques – techniquement et économiquement viables – visant à inertiser durablement les résidus; à stabiliser durablement les matières retenues et les structures ouvragées; et à réduire la nécessité d'une maintenance active.

Réseaux de coopération. Les résultats des activités de l'AIEA en matière d'assainissement de l'environnement ont été publiés dans divers documents techniques et présentés lors de conférences et de réunions internationales. Ces activités répondent en particulier aux besoins d'États Membres moins avancés, qui disposent généralement de ressources et d'une expérience trop modestes pour assumer l'héritage de circonstances politiques et administratives passées.

Les réunions d'experts du monde entier dans le cadre de projets de coopération technique favorisent l'échange de connaissances et, partant, la mise en œuvre de stratégies et de techniques appropriées. Enfin et surtout, le transfert de connaissances peut aider les pays en développement à mieux comprendre et à évaluer de façon critique l'assistance offerte par les institutions et gouvernements donateurs. □