

# DÉMINAGE HUMANITAIRE

## LES TECHNIQUES NUCLÉAIRES À L'APPUI DE LA RECHERCHE DE MINES

ULF ROSENGARD, THOMAS DOLAN,  
DMITRI MIKLUSH ET MASSOUD SAMIEI

Quelque 60 millions de mines abandonnées, vestiges mortels de conflits armés souvent oubliés du siècle passé, jonchent le sol de plus de 70 pays de toutes les régions de la planète. Ces mines tuent chaque année environ 26 000 personnes et en estropient encore davantage, laissant derrière elles des victimes mutilées nécessitant d'importants soins de santé et de réadaptation.

Les victimes sont généralement des femmes, des enfants et des agriculteurs de pays en développement. En Angola, par exemple, un habitant sur 334 a été amputé du fait de mines; au Cambodge, ce sont plus de 25 000 personnes qui ont été amputées pour les mêmes raisons. En outre, le problème posé par les mines a d'importantes conséquences socio-économiques, sapant la paix et la stabilité de régions entières en déplaçant les individus et en interdisant l'agriculture. La vie quotidienne de plus de 22 millions de personnes est directement perturbée par les mines abandonnées.

En décembre 1997, 123 pays ont signé à Ottawa (Canada) la Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la fabrication et du transfert de mines terrestres antipersonnel et sur leur destruction. Depuis, 16 pays supplémentaires ont signé cette Convention.

Aux termes de cet instrument, chaque Partie en mesure de le faire contribue au déminage et aux activités connexes. Compte tenu de l'incapacité de certains pays à ce faire, la Convention prévoit également que les États Parties peuvent demander à l'Organisation des Nations Unies, à d'autres États Parties, à des organisations régionales ou à d'autres organisations intergouvernementales ou non gouvernementales compétentes de les aider à élaborer un programme national de déminage.

### MÉTHODES DE DÉTECTION DES MINES

En déminage militaire, l'objectif est de dégager un champ de mines le plus rapidement possible par la force; en règle générale, on accepte un déminage de 80 % à 90 %.

Le déminage humanitaire, en revanche, est plus difficile et dangereux, car il nécessite l'élimination complète de toutes les mines et le retour du terrain déminé à l'usage normal. Aujourd'hui, ce déminage s'effectue principalement à l'aide de détecteurs portables et/ou de chiens renifleurs. Les détecteurs de métaux trouvent les objets contenant du métal en utilisant un champ électromagnétique variable pour induire dans ces objets des courants de Foucault qui, à leur tour, produisent un champ magnétique détectable. Si les mines

anciennes contiennent des éléments métalliques (par exemple des percuteurs), leurs équivalents modernes n'en contiennent que peu ou pas.

En augmentant la sensibilité du détecteur pour trouver de plus faibles quantités de métal, on le rend aussi très sensible aux fragments métalliques souvent présents dans les zones où l'on peut trouver des mines. En outre, les détecteurs de métaux, aussi perfectionnés soient-ils, ne peuvent que détecter des anomalies dans le sol; ils ne renseignent pas sur la présence ou non d'un agent explosif.

L'une des principales difficultés du déminage humanitaire consiste à opérer une distinction entre un objet factice et une mine. Identifier et enlever un objet inoffensif est long et coûteux. Les chiens, qui ont un sens olfactif très développé, peuvent être formés pour détecter des explosifs en quantités infimes. Cette technique nécessite cependant une longue formation des chiens et de leurs maîtres; de plus, en raison de la durée limitée de l'attention du chien, il est difficile de

---

*M. Rosengard est fonctionnaire à la Section de la physique de la Division des sciences physiques et chimiques de l'AIEA. M. Dolan dirige cette section. M. Miklush est fonctionnaire à la Section de l'Europe du Département de la coopération technique de l'AIEA, section que dirige M. Samiei.*

mener des opérations prolongées.

On utilise également des renifleurs chimiques électroniques imitant les sens naturels du chien. Les champs de mines, cependant, sont souvent saturés de vapeurs d'explosifs détonés qui limitent l'application des techniques de reniflage à la détection de mines.

## DE NOUVELLES TECHNIQUES DE DÉMINAGE HUMANITAIRE

Plusieurs techniques nouvelles de détection de mines – géoradar, thermographie infrarouge et détecteurs de métaux perfectionnés – complètent celles utilisées actuellement. Point commun de ces techniques : elles détectent les “anomalies” dans le sol, mais sont incapables d'indiquer la présence d'un agent explosif.

Les méthodes à base de rayonnements pénétrants présentent des caractéristiques utilisables pour la détection et l'identification des mines. À la différence de la radiographie classique, on ne peut cependant pas utiliser la transmission des rayonnements, qui nécessite d'accéder à deux côtés opposés de l'objet étudié. Il faut recourir à l'émission de rayonnements secondaires ou à la diffusion des rayonnements d'analyse.

## ANALYSE D'ÉLÉMENTS PAR NEUTRONS

L'analyse par irradiation neutronique est l'une des rares méthodes dont on dispose pour caractériser les éléments d'objets cachés. Grâce à leur charge nulle, même des neutrons de faible énergie peuvent pénétrer d'épaisses couches de matière et agir directement sur

les noyaux atomiques.

L'interaction des neutrons avec la matière dépend fortement de leur énergie cinétique. La “diffusion” (rebound) de neutrons rapides à partir d'un noyau et l'absorption de neutrons lents dans un noyau peuvent toutes deux accroître l'énergie du noyau (“excitation”), ce qui entraîne l'émission d'un rayon gamma. La probabilité d'interaction d'un neutron avec un noyau (section efficace de capture) est très élevée à certaines énergies neutroniques incidentes, qui sont propres à chaque élément.

La plupart des techniques neutroniques de détection d'explosifs en vrac se fondent sur la détection des rayons gamma caractéristiques émis par les noyaux excités. En mesurant l'énergie et l'intensité de ces rayons, on peut déterminer la composition de l'objet analysé, car on connaît le spectre gamma de la plupart des éléments.

Dans cet ordre d'idée, plusieurs techniques différentes ont été mises au point.

■ L'analyse à thermoneutrons (ATN) utilise le fait que toutes les matières explosives contiennent une importante quantité d'azote. La capture d'un thermoneutron par un noyau d'azote entraîne l'émission d'un rayon gamma dont l'énergie est de 10,8 MeV. Comme c'est le rayon gamma d'énergie maximale émis par un isotope naturel, il indique très clairement la présence d'azote. On utilise souvent, pour l'ATN, une source de neutrons isotopiques tels que le californium 252.

■ L'analyse à thermoneutrons rapides pulsés (ATNRP) utilise un générateur de neutrons D-T électrostatique à petit tube

scellé. Dans ce cas, les neutrons sont émis par salves de dix microsecondes. Pendant ces salves, de brefs rayons gamma sont émis du fait de réactions de diffusion inélastique qui se produisent au contact du carbone et de l'oxygène. Pendant l'intervalle d'environ 100 microsecondes qui s'écoule entre les salves, on enregistre les rayons gamma qui résultent des réactions des thermoneutrons.

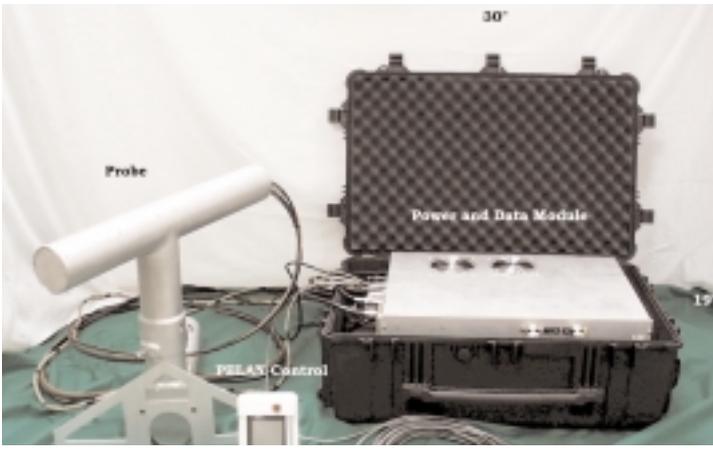
À l'aide d'un logiciel perfectionné d'analyse spectrale, on peut déterminer des ratios tels que carbone/azote, carbone/oxygène et carbone/hydrogène, ce qui permet d'identifier en temps réel la matière explosive par comparaison avec des données de référence stockées dans l'ordinateur. La détection supplémentaire de neutrons rétrodiffusés donne une indication de la densité d'hydrogène du sol, qui peut être utilisée pour améliorer encore la probabilité de détection de mines.

Un générateur de neutrons électrostatique réduit le risque de rejet accidentel de matières radioactives dans l'environnement. De petits modèles portables de différentes marques sont disponibles dans le commerce.

Le recours à une méthode neutronique pour caractériser les éléments d'un objet enfoui permet d'accélérer et de rationaliser considérablement le déminage car la plupart des alarmes produites, par exemple, par les détecteurs de métaux émanant de pièces de métal inoffensives qui abondent sur les anciens champs de bataille.

## ACTIVITÉS DE L'AIEA

De nombreuses organisations nationales, internationales et



*Photos : En Bosnie-Herzégovine, autre pays touché par le fléau, une mine PMN a été exposée sur un flanc de coteau rocheux pentu.*

*(Crédit : Prof. James Trevelyan, University of Western Australia, Australie).*

*En Afghanistan, pays accablé par la guerre et par les mines, un démineur sonde le terrain à l'aide d'une tige tous les trois centimètres.*

*(Crédit : Prof. James Trevelyan, University of Western Australia, Australie).*

*On envisage de déployer, dans le cadre d'un programme d'essais de terrain soutenu par l'AIEA, le système compact PELAN mis au point aux États-Unis.*

*(Crédit : Prof. George Vourvopoulos, Western Kentucky University, États-Unis).*

non gouvernementales dépendent des dizaines de millions de dollars pour enlever les mines et aider les victimes de ces engins. Sur les recommandations d'un groupe consultatif international, le Département des sciences et des applications nucléaires de l'AIEA a lancé un projet de recherche coordonné (PRC) sur l'application des techniques nucléaires à l'identification des mines antipersonnelles, projet auquel participent 12 groupes de recherche d'États Membres tant développés qu'en développement.

Ce PRC a montré que l'analyse neutronique permet de déterminer le contenu explosif d'une mine enfouie. Plusieurs appareils utilisant l'ATN, l'ATNRP et la rétrodiffusion de neutrons sont en cours d'élaboration. Ces méthodes et d'autres méthodes nucléaires applicables au déminage humanitaire sont évaluées de manière souple à mesure qu'elle s'améliorent. Plusieurs d'entre elles offrent un potentiel, mais il est évident que dans la réalité, toute opération de déminage nécessitera une panoplie de capteurs.

Il est difficile de mettre au point de meilleurs instruments de déminage, qui doivent être sensibles, rapides, fiables, économiques et faciles à utiliser et à entretenir en tout lieu de la planète. Ils doivent, par exemple, fonctionner en toute fiabilité sur tous les types de terrain, des déserts brûlants aux rizières humides. Aucune technique ne pourra, à elle seule, répondre à tous les besoins. Les méthodes neutroniques pourront compléter les instruments traditionnels composant la boîte à outils du démineur. □

## ESSAIS DE DÉMINAGE HUMANITAIRE SUR LE TERRAIN DANS LE CADRE DE PROJETS DE COOPÉRATION TECHNIQUE DE L'AIEA

L'AIEA est l'un des principaux mécanismes internationaux de coopération scientifique et technique utilisés pour promouvoir l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire; elle joue un rôle important dans le transfert vers les pays en développement de techniques nucléaires capables de résoudre d'importants problèmes. L'essentiel du transfert de technologie organisé par l'AIEA vers ses États Membres est assuré par son programme de coopération technique. Très souvent, ces projets utilisent des techniques nucléaires mises au point dans le cadre d'activités de recherche coordonnée associant l'AIEA.

En matière de déminage humanitaire, on suit cependant une nouvelle démarche, prévoyant qu'il faudra beaucoup de temps avant de pouvoir appliquer dans la pratique les résultats des recherches compte tenu de la difficulté d'identifier les mines et de l'ampleur du problème. Un nouveau projet européen de coopération technique sur les essais et l'utilisation sur le terrain d'un générateur de neutrons pulsés à des fins de déminage humanitaire, en voie d'exécution, devrait permettre le transfert de savoir-faire vers les pays qui en ont besoin. Pour être plus gérable et réaliste, ce projet porte sur une technique et une région uniques. La technique retenue ci-dessus est celle de l'analyse à thermoneutrons rapides pulsés (ATNRP).

La première réunion de planification et de coordination du projet, à laquelle ont assisté des experts de plus de 20 États Membres, s'est tenue à Vienne du 12 au 14 février 2001. Les participants, ayant examiné diverses options, ont décidé d'utiliser et de déployer, dans le cadre d'un important programme d'essais de terrain, un instrument de type ATNRP appelé PELAN. Cet instrument a été mis au point et utilisé avec succès aux États-Unis pour la détection de munitions non explosées, d'agents de guerre chimique et d'engins explosifs improvisés. Il doit toutefois être adapté à l'identification des mines et aux conditions locales, ce à quoi un projet de coopération technique peut être utile.

L'achat du système PELAN est en bonne voie. En 2001, on a commencé par former des experts d'États Membres à l'Institut de physique

appliquée de Bowling Green (Kentucky, États-Unis). Une fois rompus à l'utilisation de chaque élément du système, ces experts pourront proposer des modifications de matériel et de logiciel afin d'adapter cet instrument à l'identification des mines.

Ultérieurement, le système sera transféré vers un État Membre européen doté d'un laboratoire de recherche approprié, où des essais seront menés sur différents types de sol, sur des fausses mines et sur des explosifs. Enfin, des essais de terrain permettront de quantifier la vitesse, la sensibilité, la précision et la fiabilité de l'instrument dans des champs de mines simulés et réels.

Si les résultats sont positifs, on prévoit d'utiliser le système PELAN à grande échelle pour le déminage humanitaire dans le cadre d'un système multi-capteurs. C'est pourquoi le projet régional de l'AIEA est complété, en Croatie, par un projet de coopération technique sur l'essai de méthodes nucléaires de détection et d'identification de mines et de munitions non explosées.

La Croatie est un cas particulier au cœur même de l'Europe. On estime que 6 900 km<sup>2</sup>, soit 13 % du territoire croate, sont contaminés par des mines et des munitions non explosées. Le gouvernement met en œuvre, par l'intermédiaire du Centre croate de déminage (CROMAC), un vaste programme national de déminage lent et coûteux. L'Institut des sciences et techniques nucléaires Rudjer Boskovic de Zagreb va créer un laboratoire où seront testées plusieurs méthodes nucléaires pouvant faciliter la détection et l'identification de mines et de munitions non explosées, accélérant ainsi le processus et réduisant les coûts. L'AIEA aidera tant l'Institut que le Centre CROMAC à tester les techniques nucléaires de déminage.

Les projets nationaux et régionaux de l'AIEA, s'ils sont couronnés de succès, aideront à améliorer considérablement l'efficacité et la rapidité du déminage humanitaire. Ils contribueront ainsi à rétablir plus rapidement une vie normale sur les terrains minés et à réduire le nombre d'individus susceptibles d'être tués ou mutilés par les mines abandonnées non encore trouvées.