

INSPECTIONS NUCLÉAIRES : LES INSTRUMENTS CLÉS

PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS D'ENVIRONNEMENT AUX FINS DES GARANTIES

DAVID L. DONOHUE

Pour la communauté internationale, l'été 1991 a marqué, en matière de découverte scientifique, un tournant qui a préparé un renforcement des garanties nucléaires. Les inspecteurs de l'AIEA et des Nations Unies passaient au peigne fin les décombres d'installations nucléaires iraqiennes à la recherche de preuves d'un programme secret de production d'armes nucléaires, chose expressément interdite du fait de la ratification, par l'Iraq, du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP). Les inspecteurs ont alors trouvé des traces infimes d'éléments radioactifs tels que l'uranium et le plutonium, ce qui les a aidés à reconstituer le programme, son ampleur, son calendrier et sa finalité probable.

Ainsi s'est ouvert un nouveau chapitre dans le développement des garanties nucléaires internationales. En 1995, les États ont adopté, pour renforcer le système des garanties, des mesures donnant aux inspecteurs la permission et les moyens de vérifier l'absence d'activités nucléaires non déclarées.

La science qui sous-tend cette capacité renforcée, dite « prélèvement d'échantillons d'environnement aux fins des garanties », recourt à des analyses très sensibles et sélectives pour détecter des traces de matières nucléaires dans « l'environnement » d'une installation nucléaire connue ou suspectée. Son application démontre la nécessité de disposer, pour résoudre un grave problème mon-

dial, de méthodes perfectionnées d'analyse et de mesure.

Certaines méthodes ont été utilisées par les inspecteurs de l'AIEA en Iraq au début des années 90. Depuis, d'importants travaux ont été menés par l'AIEA en collaboration avec des experts nationaux et internationaux pour instituer et mettre en œuvre des prélèvements d'échantillons d'environnement dans tous les pays ayant signé des accords de garanties généralisées (de type TNP). Des prélèvements seront également effectués par les inspecteurs du Groupe d'action de l'AIEA qui ont repris, fin novembre 2002, les inspections sur place munis d'un mandat renforcé du Conseil de sécurité (*voir encadré, page 18*).

Pour acquérir les moyens nécessaires, il fallait, parallèlement, élaborer et valider des méthodes d'échantillonnage ; obtenir des échantillons propres certifiés ; créer une salle blanche de classe 100 permettant de manipuler les échantillons sans risque de contamination croisée ; coordonner un réseau de laboratoires d'analyse dotés d'appareils de mesure hautement spécialisés ; et appliquer un système d'assurance de l'étanchéité à l'air éliminant tout doute quant à la crédibilité des résultats.

Actuellement, les inspecteurs de l'AIEA prélèvent chaque année, dans des installations réparties

dans le monde entier, plusieurs centaines d'échantillons d'environnement. Sur ces échantillons, les laboratoires de l'AIEA et de son réseau effectuent des milliers de mesures. Ces mesures sont comparées aux déclarations faites par les installations inspectées au moyen de codes informatiques et de méthodes statistiques perfectionnées qui recherchent les écarts importants.

Les méthodes d'analyse utilisées sont ultramodernes par leur sensibilité et leur sélectivité vis-à-vis des éléments ou isotopes recherchés, mais des méthodes nouvelles et plus puissantes sont constamment à l'étude. On peut obtenir un étonnant volume d'informations à partir de la faible quantité de matière recueillie, par exemple, dans un échantillon que des inspecteurs frottent sur un morceau de coton de 10 x 10 cm. Les résultats que l'on peut obtenir montrent le pouvoir de ces méthodes.

Principales techniques d'échantillonnage. Les moyens d'échantillonnage de l'AIEA résident dans la salle blanche du Laboratoire d'analyse pour les garanties (LAG) situé à proximité de Vienne (Autriche). Ces laboratoires utilisent, pour examiner et mesurer les échantillons d'environnement, les techniques d'analyse suivantes :

M. Donohue dirige la salle blanche du Laboratoire d'analyse pour les garanties (LAG) de l'AIEA, situé à Seibersdorf (Autriche). Le présent article, qui s'inspire d'un texte publié dans la revue Analytical Chemistry, Vol. 74, N° 1 (janvier 2002), regroupe des contributions de collègues du LAG, de la salle blanche et du Département des garanties.

LA DÉCOUVERTE DE L'ÉTÉ 1991

Il y a plus de 10 ans, les inspecteurs de l'AIEA ont découvert en Iraq un programme clandestin d'armement nucléaire. Cette découverte a été rendue possible par la technologie et par l'aptitude de l'AIEA à analyser des échantillons de matières nucléaires et radioactives prélevés, notamment, dans l'environnement. Les inspecteurs ont prélevé des échantillons à l'intérieur et à l'extérieur d'installations ainsi que des poussières accumulées à la surface d'équipements.

■ Étonnamment, les chercheurs ont découvert des traces d'enrichissement d'uranium, plus précisément de l'uranium isotopiquement modifié qui ne correspondait à aucune matière déclarée. Ils ont également découvert de l'uranium extrêmement appauvri qui n'avait pu être produit que par séparation électromagnétique, méthode qui n'est plus, pour autant qu'on sache, utilisée ailleurs dans le monde. D'autres inspections et analyses ont conduit l'Iraq à dévoiler son programme d'enrichissement.

■ L'analyse d'autres échantillons a également révélé – ce qui n'avait pas été déclaré – que de l'uranium avait été irradié pour produire d'infimes quantités de plutonium. En outre, de l'uranium provenant de trois gisements différents a été découvert ainsi qu'une production autochtone sous la forme d'un dérivé produit par une usine de phosphate iraquienne.

■ La surveillance de l'environnement a été utilisée de 1991 à 1998 pour vérifier l'exactitude des déclarations finales faites par l'Iraq concernant son programme nucléaire. En 1998, lorsque les inspections ont cessé,



l'AIEA était en mesure de cartographier et de neutraliser le programme iraquien.

L'expérience de l'Iraq s'est soldée par un renforcement du système des garanties de l'AIEA et par un recours accru à l'échantillonnage et à l'analyse de l'environnement. Ces techniques, introduites en 1996 comme moyen d'inspection, peuvent être utilisées dans le cadre d'accords de garanties généralisées et, plus largement, dans le cadre de protocoles additionnels à ces accords, qui permettent aux inspecteurs de l'Agence de vérifier les matières et activités nucléaires déclarées ou non.

Pour de plus amples renseignements, voir l'article publié par David Donohue et R. Zeisler dans le Vol. 34, n° 1 (1992) du Bulletin de l'AIEA. Voir également « Technologies for Detection of Emissions », chapitre 3 d'un rapport sur les garanties nucléaires publié en 1995 par l'ancien Office of Technology Assessment des États-Unis.

■ La *spectrométrie gamma à haute résolution (SGHR)* sert à l'examen radiométrique initial des échantillons reçus à Seibersdorf. Cet examen peut s'effectuer sans retirer les échantillons de leurs sacs ou flacons, ce qui réduit les risques de contamination croisée.

■ La *spectrométrie par fluorescence X excitée par radio-isotopes ou tubes à rayons X* peut détecter des quantités inférieures à un microgramme d'uranium dans des échantillons d'environnement. Ces informations servent à prendre des décisions quant à la manipulation des échantillons en salle blanche et quant aux méthodes d'analyse à appliquer ultérieurement.

■ La *microscopie électronique à balayage avec spectrométrie par fluorescence X excitée par électrons* mesure la composition de particules micrométriques extraites d'échantillons d'environnement. On s'intéresse en particulier, dans les échantillons prélevés dans les boîtes à gants et les cellules chaudes, aux ratios uranium/plutonium et americium/plutonium.

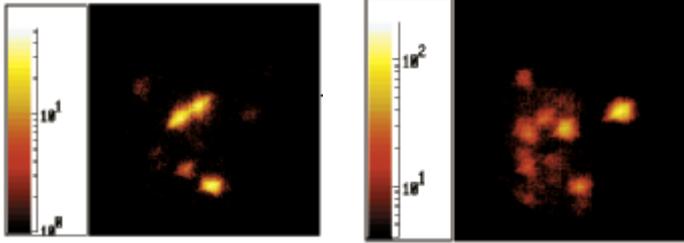
■ La *spectrométrie de masse par thermo-ionisation utilisant la détection par comptage d'ions* sert à mesurer des quantités inférieures à un nanogramme d'uranium ou de plutonium après dissolution des échantillons (« analyse groupée »). Cette analyse donne une

composition moyenne de l'échantillon, indépendamment de la forme physique des éléments présents, et complète les informations obtenues par des méthodes telles que la précédente.

■ La *spectrométrie de masse à émission d'ions secondaires* sert à mesurer la composition isotopique de particules micrométriques. L'uranium 235 et l'uranium 238 sont les isotopes les plus intéressants car ils révèlent l'enrichissement de l'uranium, indiquant sa vocation civile ou militaire (voir figure, page suivante).

Vaste expérience. L'AIEA a acquis une expérience de la collecte

Analyse des particules d'isotopes d'uranium



Images d'ions d'uranium 235 et 238 obtenues par spectrométrie de masse à émission d'ions secondaires par des chercheurs de l'AIEA. Les ions proviennent d'une zone de 150 microns de diamètre. Chaque tache claire est une particule ; l'enrichissement des particules détectées peut facilement se calculer en comparant mathématiquement les deux images. (Crédit : AIEA)

de la plupart des types d'échantillon d'environnement : sol, sédiments, eau, végétation et biote. Ces types d'échantillon, cependant, sont généralement prélevés à quelque distance d'une installation connue ou suspectée, et les effets de dilution peuvent être importants.

Les inspecteurs de l'AIEA ayant accès aux bâtiments concrets de sites nucléaires, il a été décidé de se concentrer sur le prélèvement et l'analyse de frottis de surfaces. Les frottis présentent plusieurs avantages : ils sont petits et compacts (par rapport à un kilo de sol ou à un litre d'eau) ; on peut prélever plusieurs sous-échantillons d'un même type à chaque endroit ; choisir un support ayant un faible fond de l'élément recherché ; et prélever des particules de poussière sur des surfaces horizontales et des équipements situés à l'intérieur de bâtiments.

Il a été mis au point deux types de trousse de prélèvement par frottis. Chacune contient le matériel dont un inspecteur qualifié a

besoin pour prélever à un endroit plusieurs frottis d'un même type – gants, sacs, flacons, fiches de données (munies d'instructions au verso), stylo, etc. La salle blanche produit ces trousse en atmosphère de classe 100, ce qui garantit que les frottis n'ont pas été contaminés par des actinides ou par des radionucléides avant de servir. Les trousse non utilisées et les échantillons finals sont placés sous le contrôle permanent de l'inspecteur afin d'empêcher toute contamination croisée ou altération.

Bien que le LAG et la salle blanche soient bien équipés pour analyser de façon précise des échantillons d'environnement, il a fallu créer, dans les États Membres de l'AIEA, un réseau de laboratoires capables de satisfaire trois besoins fondamentaux : effectuer des analyses que l'AIEA n'a pas les moyens de mettre en œuvre (analyse de traces de fission ou spectrométrie de masse par accélérateur), seconder les laboratoires de l'AIEA en cas de charge de travail importante, et mesurer parallèle-

ment des sous-échantillons de même type pour accroître la confiance dans l'exactitude des résultats.

La salle blanche produit également, à des fins de contrôle de la qualité, des échantillons vierges et « poussés » qui sont envoyés « en aveugle » parallèlement aux échantillons d'inspection pour surveiller l'occurrence de faux positifs ou négatifs. Signe de leur qualité, enfin, le LAG et la salle blanche ont obtenu la certification ISO-9002/1994.

Exemples d'analyses. La surveillance de l'environnement traite d'éléments et d'isotopes qui portent la « signature » unique de procédés anthropiques (humains) tels que l'enrichissement d'isotopes ou l'irradiation par neutrons. À l'instar des laboratoires de police scientifique qui recherchent les preuves d'un crime, les analystes recherchent des éléments caractérisant un scénario particulier – matériaux de départ, procédé et date de transformation.

Lorsque les résultats concordent avec les déclarations faites par l'installation, ils confirment qu'aucun abus n'a eu lieu. Lorsqu'un écart potentiel est constaté, on s'emploie à le confirmer, par exemple en révérifiant les résultats du laboratoire, en analysant des échantillons d'archives ou en prélevant de nouveaux échantillons. L'évaluateur des données doit bien connaître les limites des méthodes d'analyse et être constamment à l'affût de données trompeuses dues à une contamination, à des interférences ou à des erreurs.

■ **Produits de fission et d'activation.** Des frottis peuvent être pratiqués à l'intérieur de cellules chaudes où du combustible usé a été manipulé des années auparavant. On peut

DES OUTILS PERFECTIONNÉS À LA DISPOSITION DES INSPECTEURS EN IRAQ

Pour rechercher des armes en Iraq dans le cadre des inspections qui ont repris en novembre 2002 après quatre ans d'interruption, les fonctionnaires de l'AIEA disposent d'outils perfectionnés. Depuis 1998, les techniques se sont considérablement améliorées.

L'une des principales tâches des inspecteurs de l'AIEA consistera à couvrir l'Iraq – pays à peu près grand comme la France – au moyen d'un système de détection comparable à un filet, dont le maillage doit empêcher d'importantes preuves de s'échapper. Cette méthode est dite de recherche à grande échelle. Au sein d'un filet donné, des zones cibles seront sélectionnées à des fins d'inspections et d'enquêtes rapprochées.

Pour recueillir des indices, les inspecteurs utiliseront divers moyens tels que des détecteurs de rayonnements et des appareils de mesure manuels. De petits instruments sont utilisés pour rechercher des matières nucléaires et radioactives notoirement liées à la fabrication d'armes. D'autres, appelés analyseurs à canaux multiples, peuvent détecter certains éléments radioactifs dans des échantillons que les inspecteurs recueillent pour les faire analyser en laboratoire.

L'analyse d'échantillons peut déceler « des empreintes nucléaires » et révéler l'existence d'activités passées et présentes dans des installations manipulant des matières nucléaires, en particulier celles liées à la conservation, à la fabrication et à l'enrichissement de l'uranium. Pour détecter ces cas, cependant, il faut disposer de compétences et d'équipements appropriés – les empreintes de différents isotopes, par exemple, peuvent se chevaucher, et un constituant abondant d'un élément peut en masquer un rare.

Pour tirer des conclusions, chose délicate, il faut souvent recourir à des méthodes d'analyse multidimensionnelles. L'AIEA dispose, grâce à son Laboratoire d'analyse pour les garanties (Autriche), de ses propres experts et installations, qui sont rompus à la mesure et à l'analyse d'échantillons, y compris des centaines d'échantillons prélevés en Iraq dans les années 90. Elle dispose en outre d'une « salle blanche » équipée d'instruments très sensibles, dont des microscopes électroniques et des spectromètres de masse. Les experts peuvent mesurer avec précision des particules de l'ordre d'un nanogramme (un milliardième de gramme) et détecter des traces de matières nucléaires dans l'environnement d'installations connues ou suspectées.

Analyseurs à canaux multiples. Ces outils standard et portables utilisés par les inspecteurs de l'AIEA



enregistrent l'énergie émise par une source radioactive. Ils analysent le type de production d'énergie, le comparent à une signature et affichent le résultat. Un analyseur portable détecte les rayonnements gamma provenant de radio-isotopes et la présence de neutrons aux fins de la détection avancée de plutonium, qui est produit dans un réacteur en irradiant de l'uranium 238. À la différence des détecteurs traditionnels, cet appareil peut être utilisé pour rechercher et localiser une source de rayonnements inconnue, déterminer le débit de dose relatif, et analyser isotopiquement la source. Les résultats s'affichent sur un écran numérique. Les isotopes d'uranium et de plutonium, par exemple, sont de bons indicateurs d'un retraitement de combustible nucléaire. Un autre type d'appareil, un spectromètre gamma portable, est spécifiquement conçu pour mesurer l'uranium et déterminer s'il a été enrichi. Il peut effectuer des mesures précises et rapides de détection d'uranium en laboratoire, dans des installations ou dans d'autres environnements industriels. Le rapport de certains isotopes peut fournir de précieux renseignements, par exemple le type d'enrichissement pratiqué.

Détecteurs d'alliages. Dans un dépôt rempli d'objets métalliques, les inspecteurs utilisent un autre appareil portable appelé ALEX, raccourci du nom de marque « Alloy Expert ». Les activités nucléaires font appel à des aciers exotiques et à des éléments inhabituels tels que le zirconium. ALEX permet d'identifier rapidement les métaux sur le terrain et d'intensifier les inspections lorsqu'on découvre quelque chose

Photo : Divers outils sont utilisés par les inspecteurs nucléaires en Iraq. (Crédit: Calma/AIEA)

d'important. L'UF₆ (hexafluorure d'uranium), par exemple, est une matière hautement corrosive utilisée pour enrichir l'uranium. Les alliages spéciaux nécessaires à sa production sont rapidement identifiés par ALEX. Techniquement, l'appareil est un spectromètre à fluorescence X, qui produit des rayons X pour pénétrer la matière inspectée, compare la réaction aux rayons X des éléments de l'alliage à une bibliothèque d'informations contenue dans son programme, et affiche les résultats.

Instruments de surveillance de l'environnement. La surveillance de l'eau, de l'air et de la végétation formera un autre maillon du filet tendu sur l'Iraq. Un programme d'armement nucléaire laissera probablement, malgré tous les efforts déployés pour le dissimuler, des empreintes dans la nature. L'eau sera surveillée sur tout le territoire de l'Iraq au moyen d'un système filtrant de l'eau non traitée pendant une heure, ce qui revient à tester un important volume d'eau. L'analyse du filtre en laboratoire peut détecter avec exactitude les traces les plus infimes de matières présentes dans l'eau. Il est possible d'installer des stations de prélèvement d'air en différents points du territoire iraquien et de tester des échantillons de végétation afin d'y détecter la présence de tritium, un isotope d'hydrogène. En présence de tritium dans les voies navigables ou dans l'air, on peut fortement suspecter l'exploitation de réacteurs, par exemple.

Systèmes de surveillance vidéo numériques. Des systèmes vidéo numériques inviolables sont utilisés pour surveiller les installations, notamment des usines à double finalité dont des machines-outils peuvent servir à fabriquer des composants nucléaires. Les informations sont entrées dans de puissants systèmes informatiques que les inspecteurs utilisent pour examiner et analyser des images et des données connexes.

Imagerie satellitaire. À des fins de surveillance, des images obtenues par des satellites commerciaux peuvent aider les inspecteurs à suivre certaines activités. Grâce à une nouvelle génération d'appareils utilisant le système mondial de localisation (GPS), les inspecteurs pourront surveiller plus facilement ce vaste pays.

Base de données d'inspection. Parallèlement aux appareils de détection des rayonnements et de surveillance, l'un des principaux outils qu'utilisent les inspecteurs est la base de données confidentielles du Groupe d'action, qui contient des informations complètes et très précises provenant d'inspections passées, des déclarations officielles, des révélations de défecteurs, d'activités de renseignement et d'autres sources multiples concernant les activités liées au nucléaire



menées par l'Iraq. Les inspecteurs peuvent découvrir, par exemple, qu'un appareil a été déplacé d'un côté à l'autre d'une pièce et apprendre pourquoi.

De nombreux atouts pour réussir. Cette palette d'instruments démultiplie les connaissances et l'expérience importantes que possèdent les inspecteurs.

Au bout du compte, cependant, les inspections menées en Iraq dépendent de facteurs qui dépassent l'expérience et l'arsenal des inspecteurs. Comme l'a souligné le Directeur général de l'AIEA, Mohamed ElBaradei, le succès dépendra de cinq conditions étroitement liées : 1) accès immédiat et sans entraves à tous les lieux et sites d'Iraq et pleine utilisation de l'autorité conférée aux organes d'inspections par le Conseil de sécurité ; 2) accès en temps voulu à toutes les sources d'information, y compris à toutes les informations dont disposent les États ; 3) soutien concerté et entier du Conseil de sécurité tout au long du processus d'inspection ; 4) préservation de l'intégrité et de l'impartialité du processus d'inspection, hors de toute interférence ; et 5) coopération active de l'Iraq, qui doit démontrer sa volonté affichée d'être transparent et d'aider les organes d'inspection à s'acquitter pleinement de leur mission.

Le présent rapport a paru pour la première fois sur le site Internet WorldAtom de l'AIEA, que le lecteur est invité à consulter pour toute information concernant les inspections menées par l'AIEA en Iraq et d'autres sujets.

Photo : Des images provenant de satellites commerciaux et de systèmes de surveillance numériques sont analysées dans le cadre des inspections menées par l'AIEA en Iraq. (Crédit : Calmal/AIEA)

s'attendre à ce que les rapports des produits de fission et d'activation mesurés par SGHR fassent apparaître les effets de la désintégration radioactive survenue pendant ce temps. Des radionucléides tels que le cérium 144 et l'euporium 154, dont la période va de moins d'un an à près de neuf ans, présentent un intérêt particulier. Les frottis sont mesurés à leur réception, qui intervient dans les 24 heures, et les résultats de chaque isotope exprimés sous la forme d'un rapport d'activité comparé à celui du césium 137.

■ **Particules contenant du plutonium.** La préparation des échantillons en vue de l'examen de particules par microscopie électronique à balayage s'effectue en posant sur une surface un disque de carbone adhésif. Les particules sont retirées de la surface et maintenues en place par l'adhésif électroconducteur. Une fois l'échantillon placé dans le microscope électronique, un programme automatique recherche des particules faisant apparaître un signal électronique à forte rétrodiffusion, associé à la présence d'éléments lourds.

Chaque particule ainsi détectée est mesurée par spectrométrie par fluorescence X à dispersion d'énergie et les résultats stockés en vue d'analyses ultérieures. Une session de mesure automatique dure généralement de quatre à six heures et couvre plusieurs millimètres carrés de la surface échantillonnée. Après avoir trié et examiné ces données, l'analyste sélectionne plusieurs particules intéressantes afin de mesurer plus précisément, à l'aide d'un spectromètre à émission X dispersive en longueur d'onde, les rapports d'actinides (uranium/plutonium ou américium/plutonium) de chaque particule. La concentration relative

de ces éléments dans une particule renseigne sur l'irradiation de l'uranium et sur la réalisation ou non d'opérations de séparation chimique.

Dans ces particules, la croissance de l'américium 241 est fonction du temps écoulé depuis la dernière purification chimique du plutonium. Cette « datation » permet de déterminer, dans des installations mises à l'arrêt ou déclassées soumises aux garanties, si des opérations de séparation chimique ont eu lieu récemment. L'évaluation de ces résultats tient compte du fait que la quantité de plutonium dans une particule d'un micron de diamètre n'est que de quelques picogrammes (environ 10^{10} atomes) et que le spectromètre à fluorescence X peut détecter des éléments légers tels que l'américium, qui pèsent quelques femtogrammes.

■ **Mesures de l'enrichissement de l'uranium contenu dans des particules.** La microscopie électronique à balayage avec spectrométrie par fluorescence X excitée par électrons est très sensible et permet de tester et de mesurer d'importantes quantités de particules. Elle ne donne pas, en revanche, d'indication isotopique quant à l'uranium ou au plutonium, ce qui peut revêtir une grande importance. Pour ce faire, les analystes recourent à la spectrométrie de masse à émission d'ions secondaires, utilisant, pour chaque isotope étudié, un système de détection produisant des images à résolution spatiale. L'« enrichissement » de chaque particule est calculé en comparant les décomptes cumulés d'uranium 235 à ceux d'uranium 238 ; on surveille également les autres isotopes pour détecter d'éventuelles interférences moléculaires.

La mesure automatisée de plusieurs millimètres carrés peut

comprendre plus de 200 champs contenant jusqu'à plusieurs milliers de particules d'uranium. Une fois affichées sur une courbe de dispersion à des fins d'analyse, les particules d'uranium hautement enrichi sont facilement repérables. Les analystes, cependant, doivent tenir compte de l'incertitude de la mesure, qui est dominée par l'erreur statistique de comptage de l'isotope secondaire (l'uranium 235 dans la plupart des cas).

■ **Mesure de l'uranium et du plutonium.** L'une des mesures les plus difficiles à effectuer sur des frottis prélevés dans l'environnement est « l'analyse groupée ». Elle consiste à dissoudre l'ensemble de l'échantillon, à l'enrichir de traceurs isotopiques distincts, et à séparer et purifier chimiquement les fractions d'uranium et de plutonium afin de les mesurer par spectrométrie de masse par thermo-ionisation. Les additifs isotopiques sont très purs et disponibles avec des valeurs de concentration certifiées.

Des frottis peuvent être prélevés, par exemple, dans une installation qui fabrique des éléments d'uranium hautement enrichi (UHE) destinés à des réacteurs. Les échantillons font clairement apparaître la présence de plutonium. Ils peuvent aussi faire apparaître la concentration la plus élevée d'UHE, suggérant une corrélation entre ce dernier et le plutonium. On a ainsi une indication de la sensibilité des méthodes utilisées.

Des applications universelles. Plus de cinq ans de prélèvement systématique d'échantillons d'environnement ont permis à l'AIEA de tirer des conclusions quant à l'intérêt des méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées. Cette technique, comme tous les outils d'analyse, n'est pas une panacée mais fournit des

informations essentielles. Les rapports isotopiques sont très importants, car ils révèlent le devenir de matières nucléaires et les effets de l'enrichissement ou de l'irradiation par neutrons. Les rapports relatifs de produits de fission ou d'activation peuvent permettre de déterminer le taux d'épuisement du combustible d'un réacteur et le temps écoulé depuis sa déchar-

ge. Des techniques de datation permettent également de vérifier l'état d'installations mises à l'arrêt.

On notera que les méthodes d'analyse susmentionnées sont directement applicables à des domaines connexes tels que l'analyse de matières nucléaires saisies par les services de douane ou de police, ouvrant ainsi la voie à un

nouvelle discipline : la « criminalistique nucléaire » (*voir encadré ci-contre*). Comme dans le cas des garanties internationales et des inspections nucléaires menées en Iraq, la communauté internationale peut grandement tirer parti de l'application de techniques scientifiques pour résoudre de graves problèmes mondiaux. □

CRIMINALISTIQUE NUCLÉAIRE ET TRAFIC

Depuis plus d'un siècle, les empreintes digitales et la police scientifique jouent un rôle important en matière pénale. À mesure que la science et la technique progressent, les méthodes d'enquête se perfectionnent, ce qui permet aujourd'hui à des spécialistes d'extraire du matériel génétique d'un seul cheveu.

Dans le domaine relativement nouveau de la « criminalistique nucléaire », qui analyse la nature, l'utilisation et l'origine de matières nucléaires, des méthodes similaires sont maintenant utilisées pour déterminer avec précision les caractéristiques de ces matières. Tout comme les empreintes digitales, les matières nucléaires peuvent être identifiées, examinées et décrites. L'analyse de radio-isotopes, de rapports isotopiques et massiques, de l'âge des matières, de leur teneur en impuretés, de leur forme chimique et de leurs paramètres physiques peut révéler une « empreinte digitale nucléaire » de la matière. Les résultats des tests et les autres éléments de preuve recueillis permettent de localiser avec précision les quantités les plus infimes. Les méthodes d'analyse conçues à ces fins sont utilisées aussi bien dans le cadre des garanties internationales qu'en criminalistique nucléaire.

Dans le monde changeant actuel, l'AIEA, en collaboration avec l'Institut des transuraniens de la Commission mixte de recherche de l'Union européenne, aide les pays à créer un système renforcé de lutte contre la contrebande nucléaire. L'un des principaux objectifs est d'accroître l'aptitude à analyser et à caractériser avec précision les matières saisies. L'idéal est de disposer d'un laboratoire appliquant déjà des techniques perfectionnées et capable d'analyser des matières nucléaires ou non, qu'il s'agisse de cire de scellement, de verre, de papier ou de radionucléides résiduels.

En octobre 2002, des spécialistes se sont réunis à Karlsruhe (Allemagne) pour faire le point de la situa-



tion dans le cadre de la Conférence internationale de l'AIEA sur les progrès de l'analyse destructive et non destructive aux fins de la surveillance de l'environnement et de la criminalistique nucléaire. Des chercheurs de laboratoire et des fonctionnaires de police y ont examiné diverses questions allant du rassemblement, de la protection et de l'analyse des matières à l'élaboration de législations et de réglementations dans différents pays. Les participants se sont également interrogés sur la façon dont l'AIEA pourrait contribuer à la lutte commune contre le trafic de matières nucléaires, notamment en aidant les laboratoires et en leur prodiguant des conseils concernant la manipulation des échantillons saisis.

Les débats ont en outre porté sur la détermination de l'origine des matières saisies. On s'est notamment interrogé sur la façon de renforcer les stratégies de sécurité nucléaire et la coopération entre les laboratoires. Il est prévu de soutenir, au niveau international, les travaux d'analyse nécessaires. — *Le présent rapport a paru pour la première fois sur le site Internet WorldAtom de l'AIEA, que le lecteur est invité à consulter pour tout complément d'information.*

Photo : L'analyse d'échantillons révèle leur « empreinte digitale nucléaire ». (Crédit : AIEA)