

Prospection et technologie de l'uranium: sauvegarder l'acquis technique

L'évolution du marché favorise l'application des connaissances acquises à l'étude de questions d'environnement et autres problèmes

par Arthur Y. Smith et Mohamad Tauchid

Pendant la crise de l'énergie de 1973 et au cours des années qui suivirent, nombre de pays ont dépensé beaucoup d'argent pour prospector l'uranium, source des combustibles utilisés par les centrales nucléaires.

Dans le même temps, les travaux de recherche et développement sur les méthodes de prospection sont allés bon train et ont permis d'améliorer considérablement la sensibilité et la finesse des techniques. Après 1980, la situation a commencé à se détériorer et, dès 1984, les crédits consacrés à la prospection par les pays à économie de marché étaient retombés au même niveau que dix ans auparavant (*voir la figure*).

Ce déclin a eu d'importantes répercussions: il menaçait de faire disparaître les connaissances et les compétences acquises, plus particulièrement la masse de données accumulées pendant les bonnes années, et les techniques perfectionnées de prospection de l'uranium servaient de moins en moins. Les spécialistes abandonnaient la place à mesure que les possibilités d'emploi s'amenuisaient, emportant avec eux leurs connaissances et leurs compétences. Les organismes d'Etat aussi bien que les entreprises privées de prospection souffraient de cet état de chose.

Fort heureusement, tant les techniques que les données acquises ont pu, dans certains cas, être mises à profit dans d'autres secteurs importants. Elles ont été appliquées avec succès, par exemple à l'étude de problèmes d'environnement, aux sciences de la terre et à la prospection minière en général.

Un bref rappel des méthodes et techniques de prospection de l'uranium nous permettra de mieux comprendre leur utilité par ailleurs.

Prospection de l'uranium

La prospection de l'uranium, comme celle des autres minerais, se déroule en plusieurs phases, chacune se distinguant par l'étendue du secteur étudié. La première, la phase de reconnaissance, porte sur de grandes étendues

de l'ordre de dizaines de milliers de kilomètres carrés; c'est une opération menée rapidement et à peu de frais. Son objet n'est évidemment pas de découvrir des gisements, mais plutôt de localiser les secteurs où la probabilité de rencontrer des gisements est sensiblement meilleure. Elle consiste à relever à grande échelle les propriétés et les caractéristiques de l'environnement dont on sait, ou dont on suppose, qu'elles sont associées à des gisements d'uranium — niveaux plus élevés de radioactivité, concentrations accrues d'uranium et d'autres éléments, radioactifs ou non, dans le sol, les alluvions, les roches et les masses d'eau.

Etant donné que les chances de trouver à ce stade un gisement d'uranium rentable sont extrêmement faibles, les spécialistes ont mis au point des techniques permettant d'obtenir un maximum d'informations parfaitement fiables moyennant un minimum de dépenses. Les radioéléments uranium, thorium et potassium ainsi que la radioactivité totale sont rapidement relevés à l'aide de spectromètres gamma extrêmement sensibles embarqués à bord d'avions ou d'hélicoptères. Les secteurs où l'on détecte une plus forte radioactivité ou concentration de radioéléments peuvent faire l'objet d'un échantillonnage au sol, suivi d'analyses visant à déterminer si les éléments recherchés sont présents. L'échelle de la carte définitive dépend essentiellement de l'étendue de la région étudiée et de la densité des points de levé.

Il s'agit en fait d'une approximation très proche de la réalité. Mais il est évident que les zones délimitées représentent de grandes configurations de l'environnement géologique en profondeur et en surface. La suite des opérations de prospection consiste à réexaminer ces grandes configurations de plus près pour obtenir une meilleure définition et déterminer les emplacements possibles de gisements d'uranium.

Il importe de savoir que les données ainsi obtenues ont un caractère spatial en ce sens qu'elles se répartissent sur une surface. Les techniques utilisées pour les collecter sont conçues de façon à donner à l'information une distribution spatiale. Une mesure ponctuelle, aussi juste et précise soit-elle, ne serait d'aucune utilité pour décrire une configuration ayant une étendue. C'est cet aspect des techniques de prospection de l'uranium et des données obtenues qui les rend très utiles dans d'autres domaines.

M. Smith et M. Tauchid sont membres de la Division du cycle du combustible nucléaire de l'AIEA.

Les techniques

Les plus couramment utilisées sont probablement les méthodes fondées sur la spectrométrie gamma aéroportée qui ont connu leur plus grand essor pendant les années prospères de l'uranium. L'apparition d'instruments à grand volume de détection, des analyseurs multicanaux capables d'enregistrer 256 et même 1024 éléments d'information et les moyens d'enregistrement et de traitement numériques de cette information ont conféré à la prospection une grande sensibilité et une grande souplesse. Les «analyses géochimiques» radiométriques aériennes pratiquées à des altitudes comprises entre 50 et 150 mètres ont atteint un tel degré de sensibilité qu'elles permettent de détecter une ou deux parties par million d'uranium et de thorium dans le terrain survolé.

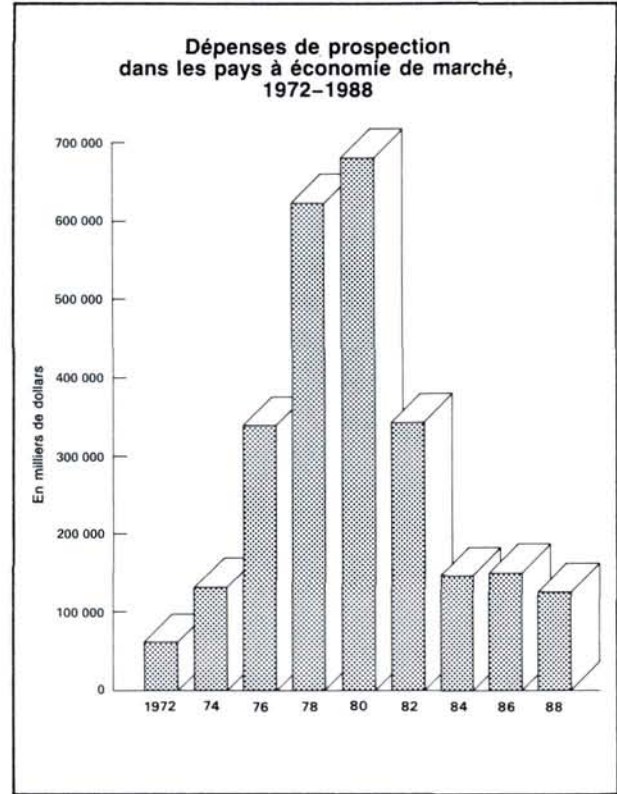
Pour obtenir de telles performances, l'instrumentation doit être très soigneusement étalonnée; au cours des dernières années, de nombreux pays ont fait un effort spécial pour réaliser et utiliser des appareils d'étalonnage de la qualité requise. Jusqu'alors, les levés par comptage total, de même que par spectrométrie gamma, n'étaient pas aussi soigneusement étalonnés, ou même ne l'étaient pas du tout. On étudie actuellement des méthodes devant permettre une remise en forme acceptable de ces données.

Les méthodes géochimiques ont aussi joué un grand rôle. Des échantillons d'eau, de sédiments lacustres ou de sol sont prélevés en divers points très distants les uns des autres, par exemple à raison d'un échantillon tous les 10 ou 15 kilomètres carrés, et analysés par des procédés rapides et peu onéreux permettant de traiter plusieurs centaines d'échantillons par jour. Les éléments généralement associés à l'uranium dans les gisements — tels le molybdène, l'or, l'arsenic, le mercure et le vanadium, pour n'en citer que quelques-uns — peuvent être également dosés à l'aide de ces méthodes, de même que le cuivre, le plomb, le zinc et d'autres encore. Les données ne sont pas considérées isolément, mais intégrées et reportées par un traitement informatique très perfectionné sur des cartes qui indiquent la distribution des éléments dans de vastes périmètres.

Les techniques fondées sur le radon ont été très étudiées, car le radon est fortement associé à l'uranium, son précurseur. Ce fait a son importance car on a découvert des concentrations anormales de radon dans des habitations situées dans des régions où la concentration de l'uranium est assez élevée. Dans de nombreux pays, la technique la plus communément utilisée pour détecter et mesurer le radon à l'intérieur des habitations est fondée sur le détecteur à traces alpha. Cet instrument, à l'origine essentiellement destiné à la prospection de l'uranium, sert également très souvent, notamment aux Etats-Unis, à la prédiction des tremblements de terre.

Les données

De vastes opérations de prospection de l'uranium ont été menées dans les pays à économie de marché. Il s'agissait la plupart du temps de levés radiométriques aériens de la radioactivité totale, ou de levés par spectrométrie gamma permettant de distinguer entre la radioactivité de l'uranium et du thorium et de leurs

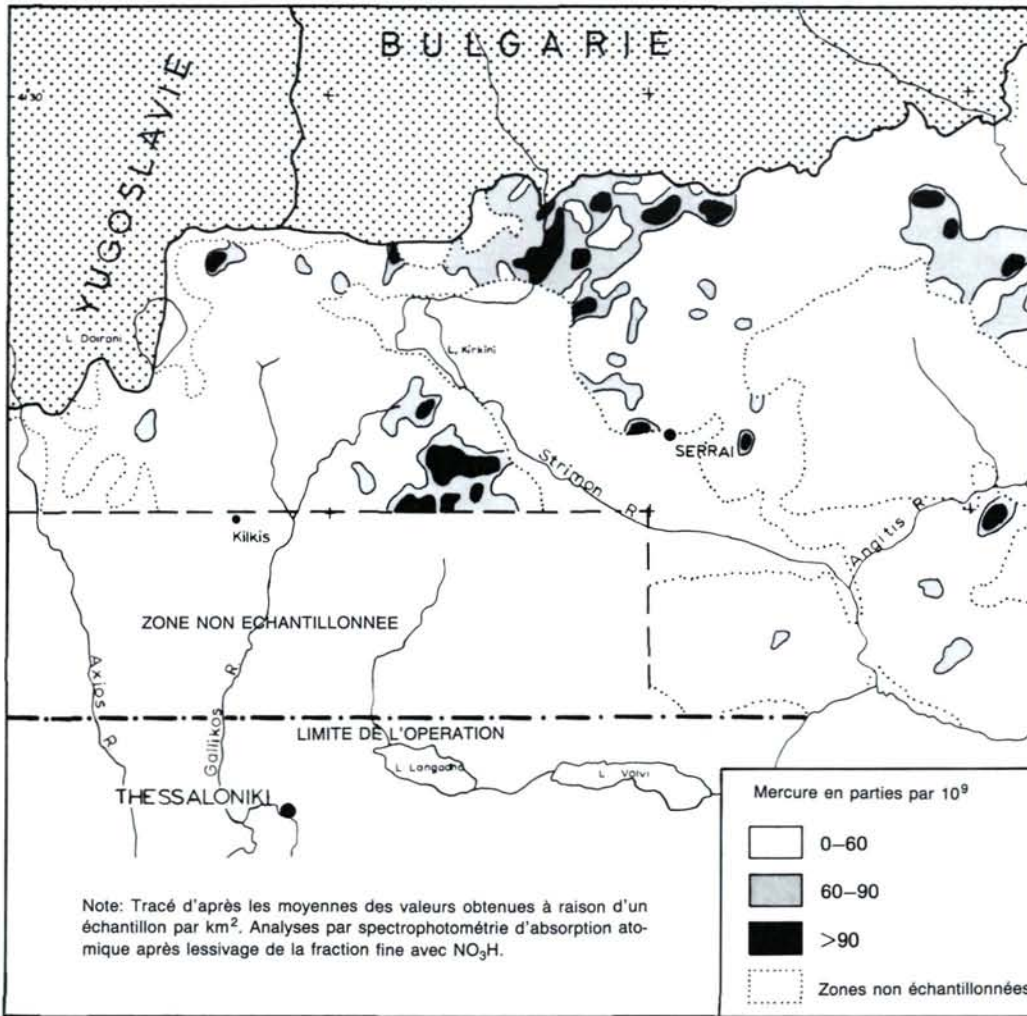


produits de filiation et celle du potassium. D'une manière générale, les levés spectrométriques récents bénéficient d'un bien meilleur étalonnage qu'auparavant. Les levés par comptage total sont aussi très courants. La qualité des données obtenues il y a quelques années est variable, mais elles n'en permettent pas moins de se faire une idée d'ensemble du fond naturel de rayonnement de la région considérée. Une fois réétalonnés et convertis en unités de débit d'exposition, ces levés radiométriques, tant aériens qu'au sol, représentent bien la distribution générale du fond naturel de rayonnement.

Des cartes du débit d'exposition au fond naturel de rayonnement ont été établies au Canada, en Suède, aux Etats-Unis, en République fédérale d'Allemagne et dans d'autres pays encore. On s'en sert beaucoup comme référence pour évaluer la contamination radioactive due aux activités humaines. Elles se sont également révélées très utiles pour déterminer les régions où il conviendrait d'étudier éventuellement le problème de la contamination des habitations par le radon naturel.

De récents projets de coopération technique de l'AIEA concernant la prospection de l'uranium par spectrométrie gamma aéroportée, en République Arabe Syrienne par exemple, comportaient un nouveau calcul des résultats et leur présentation sous forme de cartes du fond naturel de rayonnement.

La détection aérienne de minimes variations des concentrations de potassium dans le sol ont permis de noter dans certains secteurs des modifications souvent associées à des minéralisations d'or et de cuivre. L'information géologique générale que donnent les levés spectrométriques gamma a fait de cette technique un important accessoire de la cartographie géologique dans



Dans le nord de la Grèce, au cours d'une opération de prospection de l'uranium assistée par l'AIEA, des zones importantes de concentrations anormales de mercure dans des sédiments fluviaux ont été détectées. La présence de mercure dans l'environnement préoccupe les responsables de la santé publique, de l'agriculture et de la pêche.

de nombreux pays. Une fois encore, on a constaté que, dans les zones riches en uranium, aisément localisables par reconnaissance aérienne, les concentrations de radon dans les habitations sont plus fortes et peuvent même atteindre des niveaux dangereux pour l'homme.

La spectrométrie gamma aérienne s'est également révélée très utile en cas d'urgence radiologique. La chute du satellite soviétique Cosmos-954, en 1978, a dispersé les débris du réacteur nucléaire qu'il contenait sur un vaste secteur des Territoires du Nord-Ouest (au Canada). Le grand spectromètre gamma du service géologique canadien et son équipe d'opérateurs ont été mis à contribution et sont parvenus à déterminer rapidement la distribution des débris*.

Après l'accident de Tchernobyl, en 1986, la Suède a été le premier pays d'Europe occidentale à donner l'alarme. L'Institut national de radioprotection de Suède, qui connaissait l'existence et la compétence du service de spectrométrie gamma aérienne de la Société suédoise de géologie, a fait appel à cette équipe qui a pu,

dans la même journée, installer son matériel à bord et procéder à la première des deux reconnaissances aériennes complètes qu'elle a effectuées pour relever la distribution des retombées radioactives. Elle s'est distinguée non seulement par son habileté lors de l'opération de reconnaissance, mais aussi par sa compétence dans la préparation et dans la présentation des données géophysiques. Une carte complète de la contamination a pu ainsi être établie et distribuée à toute la population; elle indiquait notamment les endroits où il y avait lieu de faire des mesures précises au sol et d'intervenir matériellement. Les géologues suédois ont pu en outre relever séparément les retombées de divers isotopes provenant de l'accident*.

La Société de géologie et le service géologique de Suède ont été les premiers à étudier des méthodes de mesure du radon aux fins de la prospection de l'uranium. Leurs connaissances et leur compétence en cette matière ont été mises à contribution lorsque les autorités se sont rendu compte que la présence de radon dans les habitations de certaines régions du pays pouvait constituer un danger.

* Voir «Estimating the Fallout on Great Slave Lake from Cosmos-954» par Grasty, R.L., Trans. Am. Nucl. Soc., Fall Meeting, Washington (12-16 novembre 1978); et «The Search for Cosmos-954» par Grasty, R.L., dans *Search Theory and Applications*, publié par Heley, K. Brian, et Stone, Lawrence D., Plenum Publishing Corp. (1980).

* Voir *Airborne Gamma Spectrometer Measurements of Fallout over Sweden after the Nuclear Reactor Accident in Chernobyl, USSR*, par Mellender, H., Société suédoise de géologie, rapport TFRAP 8803 (1988).

Les données géochimiques sur l'uranium et d'autres éléments, obtenues par échantillonnage de larges secteurs, sont riches en informations intéressantes d'autres domaines, dont l'utilisation agricole des sols, l'élevage, la santé publique, sans compter leur apport aux levés géologiques et à la prospection d'autres minerais. Dans le nord de la Grèce, lors d'une opération de prospection de l'uranium exécutée avec l'aide de l'AIEA, on a relevé à plusieurs reprises des concentrations anormales de mercure dont l'examen s'est avéré nécessaire vu leurs incidences possibles sur l'agriculture, la pêche et la santé publique (*voir la figure*). La teneur anormale en or de concentrés de minerais lourds prélevés dans des alluvions au cours d'opérations analogues exécutées aux Philippines, également avec l'assistance de l'Agence, était l'indice de la présence possible de filons d'or dans la région.

Ces «retombées» de la prospection de l'uranium ne se comptent plus. Bien souvent, les autorités nationales n'ont même pas eu conscience de cet apport ni de l'intérêt qu'il pouvait présenter. Il arrive fréquemment que même les responsables des questions d'énergie atomique ne comprennent pas ou n'apprécient pas à sa juste valeur la nature de l'information acquise par leurs équipes de prospection.



Le «Cigar Lake» au Canada est le site d'un important gisement d'uranium découvert en 1983. (Photo: CEA, France)

Le rôle de l'AIEA

L'AIEA a joué un rôle important au cours des années en favorisant l'étude et l'application de méthodes perfectionnées de prospection de l'uranium. Des réunions ont été organisées pour examiner les résultats des travaux de recherche et développement dans ce domaine, et on a publié des documents traitant de normes d'instrumentation et recommandant des modes d'emploi. En ce qui concerne la spectrométrie gamma, l'Agence a en outre établi des spécifications pour la construction et l'emploi des appareils d'étalonnage du matériel de campagne. Elle a également préparé une excellente documentation concernant l'étalonnage des instruments servant aux analyses d'échantillons géologiques.

Au titre de son programme de coopération technique, l'AIEA a facilité l'obtention de détecteurs de rayonnements de grande sensibilité et a organisé des projets et des cours pour former du personnel local aux diverses techniques de prospection de l'uranium fondées tant sur la radioactivité que sur la géochimie.

En général, les équipes de prospection de l'uranium sont les groupes les plus compétents et expérimentés auxquels on puisse faire appel en cas d'urgence radiologique. On l'a bien vu lors de l'accident de Tchernobyl. Dans nombre de cas, ce sont aussi les seuls à disposer du matériel et de l'expérience nécessaires pour procéder à des mesures du radon dans l'environnement. Les services géologiques nationaux, les facultés de géologie des universités et les responsables des matières premières nucléaires des commissions de l'énergie atomique s'adressent souvent à eux pour obtenir une aide technique dans ces domaines.

Depuis quelques années, l'Agence délaisse la prospection de l'uranium, au sens strict du terme, pour

s'intéresser davantage à un emploi plus diversifié des techniques et des données associées aux anciens programmes de prospection. C'est ainsi qu'elle a récemment décidé de collaborer à un programme international de corrélation géologique lancé par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) à l'appui d'un projet nouveau de levés géochimiques internationaux. L'intention de ce projet est d'encourager et de coordonner l'acquisition et la compilation de données en vue d'établir des cartes géochimiques régionales qui seront ensuite regroupées en un atlas mondial. L'Agence a la vedette pour ce qui est des radioéléments uranium, thorium et potassium. Des manuels sur l'utilisation des anciens relevés de la radioactivité gamma et de leur réétalonnage sont déjà en préparation, de même qu'un document décrivant les spécifications et les méthodes actuelles de la spectrométrie gamma aérienne à fins multiples, y compris l'intervention en cas d'accident nucléaire.

Orientations futures

Comme la découverte de nouvelles ressources d'uranium semble passer au second plan des préoccupations, on tend à remettre en question le rôle de l'AIEA dans la prospection et l'exploitation de ce métal. Il est fréquent d'entendre dire que les ressources d'uranium existantes sont suffisantes et que les crédits consacrés aux travaux sur l'uranium seraient plus utilement dépensés ailleurs.