

Le radon dans l'environnement humain: en faire l'inventaire

Plus de 50 pays participent à un programme de recherche AIEA/CCE sur le radon qui s'achèvera dans le courant de l'année

par Jasimuddin
U. Ahmed

Vers la fin des années 70, le radon et ses produits de filiation n'étaient considérés comme un risque pour la santé que lors de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium. On a brutalement viré de bord lorsqu'on a connu les résultats des mesures du radon dans les habitations en de nombreux points du globe. On a relevé de fortes concentrations dans les locaux d'habitation, par exemple, dans des pays des régions tempérées où de sévères mesures d'économies d'énergie ont amené les habitants à calfeutrer soigneusement portes et fenêtres, en particulier pendant la saison froide. On a également détecté du radon dans de nombreuses mines souterraines autres que d'uranium ou dans des locaux de travail souterrains insuffisamment ventilés.

C'est pourquoi l'exposition au radon et le risque pathogène associé retiennent l'attention. Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) estime que le radon présent dans l'environnement est responsable de 53% environ de l'exposition de l'être humain au fond naturel de rayonnement. Dans les mines souterraines, principalement d'uranium, on a constaté un excès de cas de cancer du poumon aux Etats-Unis (Colorado), en République tchèque et au Canada (Ontario), et de même parmi les mineurs de fond des exploitations de fluorine et de minerai de fer de Suède. Les milieux scientifiques sont aujourd'hui d'accord sur le lien qui existe entre l'incidence excessive du cancer du poumon parmi les mineurs de fond et leur exposition au radon et à ses descendants.

En revanche, on connaît moins bien les effets pathogènes potentiels de l'exposition au radon dans les habitations. La relation entre le cancer du poumon des mineurs et le radon n'est pas valable pour déterminer le risque potentiel encouru par le public, parce que le niveau d'exposition dans les locaux

habités est bien moindre que dans les mines. Certains pensent que l'incidence excessive du cancer du poumon parmi les mineurs d'uranium des premiers temps s'explique par les effets synergiques du tabagisme, des poussières de minerai, des émanations toxiques, etc., et de la très forte exposition au radon. Les données concernant les mineurs n'en sont cependant pas sans utilité pourvu que l'on tienne compte des différences entre les deux groupes considérés.

Vers la fin des années 80, l'AIEA et la Commission des Communautés européennes ont lancé un programme de recherche coordonnée sur le radon dans l'environnement humain. Actuellement, plus de 50 pays participent activement à ce programme, preuve du grand intérêt que suscite la question. Ce programme s'achèvera cette année. Je présenterai dans cet article les principaux résultats des enquêtes faites dans certains pays et donnerai un aperçu de la coopération internationale prévue pour continuer la recherche dans ce domaine.

Origine du radon

C'est le sol qui est la principale source de radon 222, produit de filiation du radium 226 qui appartient à la famille radioactive de l'uranium 238. Le thoron (radon 220) provient, par désintégration alpha, du radon 224 qui appartient à la famille radioactive du thorium 232. Le radon et le thoron sont des gaz nobles qui se dégagent du sol dans l'atmosphère soit par diffusion moléculaire, soit par convection. La distribution du radon dans l'air dépend des conditions météorologiques. Les produits de filiation du radon et du thoron sont des isotopes de métaux lourds qui peuvent aisément se fixer sur les particules des aérosols atmosphériques. Ils se désintègrent par émission alpha ou bêta/gamma. Les aérosols porteurs de descendants du radon et du thoron peuvent se déposer à sec ou sous l'effet de la pluie et autres précipitations.

M. Ahmed est un ancien cadre de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA. Pour tout complément d'information, s'adresser à l'auteur.

La période du radon est de 3,8 jours tandis que celle du thoron est extrêmement courte, 55 secondes seulement. Les produits de filiation se partagent entre courte et longue période. Ceux de courte période constituent la fraction la plus importante de la concentration de radioactivité au niveau du sol parmi tous les contaminants radioactifs de l'atmosphère naturels ou artificiels (voir le tableau).

Les matériaux de construction tels que le granite, le tuf italien et les bétons légers de schiste alunifère ont parfois des teneurs assez élevées en radon 226 qui peuvent être à l'origine d'émanations de radon dans l'air des locaux. L'air extérieur peut aussi contribuer dans une large mesure à introduire le radon dans les immeubles à travers les portes et les fenêtres ouvertes, par ventilation forcée et par infiltration, et aussi par l'intermédiaire des fissures dans les murs. En outre, le radon présent dans l'eau et dans le gaz naturel à usage domestique peut se retrouver en partie dans l'air du local.

Le radon dans les habitations: quelques études

La présence de radon dans les locaux habités a provoqué une vague d'intérêt qui a déferlé au cours des dix dernières années sur presque tous les pays d'Europe et d'Amérique du Nord et sur nombre de pays d'Europe orientale. Des enquêtes à l'échelle nationale ont été entreprises pour déterminer les niveaux de contamination dans les habitations et évaluer les risques de cancer du poumon qui en résultent. De nombreux pays des zones tempérées, dont la Chine et le Japon, ont mis en œuvre de vastes programmes de détection du radon dans les habitations et sur les lieux de travail. Dans les régions tropicales, on note un intérêt certain et des programmes de plus ou moins grande envergure ont été entrepris.

Les publications scientifiques semblent aussi accorder beaucoup d'attention à la question. Sur les 110 mémoires présentés au Colloque international sur le rayonnement naturel dans l'environnement, réuni à Lisbonne en 1987, plus de 70 ne traitaient que la question du radon. De même au colloque suivant sur la même question qui s'est réuni à Salzbourg en 1991, environ 70% des 163 mémoires traitaient les problèmes du radon.

En outre, rappelons que quelque 55 pays participent au programme de recherche coordonnée AIEA/CCE sur le radon. Il n'est pas possible de rendre compte des résultats des enquêtes menées dans tous ces pays, mais plusieurs d'entre elles sont particulièrement intéressantes.

Etats-Unis. Une étude faite à la fin des années 80 par l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis et signalée par le Service de santé publique des Etats-Unis indiquait que le problème du radon dans les habitations était aux Etats-Unis plus grave et plus général qu'on ne l'avait soupçonné.

Radionucléides		Période	Concentration d'activité (millibecquerel par mètre cube)
Naturels	Tritium	12,3 ans	≈ 20
	Carbone 14	5736 ans	≈ 40
	Béryllium 7	53,6 jours	1-7
	Descendants du radon*	164 μs-26,8 minutes	1000-5000
	Plomb 210	22,3 ans	0,2-1,0
	Polonium 210	138,4 jours	0,03-0,3
Artificiels	Plomb 212	10,6 heures	20-1000
	Bismuth 212	60,6 minutes	10-700
	Iode 131	8,04 jours	< 0,0001 (4000**)
	Césium 137	30,1 ans	0,0005-0,005 (4000**)
	Ruthénium 106	386,2 jours	0,0001-0,002 (2000**)

* Les produits de filiation du radon sont le polonium 218, le plomb 214, le bismuth 214 et le polonium 214.

** Valeurs les plus élevées à Göttingen (Allemagne), les 2 et 3 mai 1986 à la suite de l'accident nucléaire de Tchernobyl.

Source: J. Porstendorfer, *Properties and Behaviour of Radon and Thoron and Their Decay Products in the Air*, Compte rendu de la réunion préparatoire du Cinquième colloque international sur le rayonnement naturel dans l'environnement, publié par la Commission des Communautés européennes, Bureau de Luxembourg, 1993, ISBN-92-826-5604-7.

Selon les estimations de ce service, les quelque 5000 cas par an de cancer du poumon parmi des non-fumeurs seraient dus exclusivement à l'exposition au radon dans des locaux; par ailleurs, l'exposition au radon ne serait pas étrangère aux 15 000 cas mortels de cancers du poumon par an (parmi les fumeurs). Des estimations ultérieures donnent des chiffres encore plus élevés. Les statistiques montrent que le radon dans les habitations fait probablement dix fois plus de victimes parmi les humains que la pollution atmosphérique, précise le Service de la santé publique des Etats-Unis. L'Agence de protection de l'environnement a recommandé une nouvelle enquête portant sur un plus grand nombre de logements, proposition appuyée par le US Surgeon General (inspecteur de la santé publique), l'American Medical Association et l'American Lung Association, et autres organisations du domaine de la santé.

Une série d'enquêtes nationales sur le radon dans les résidences, menées par l'Agence de la protection de l'environnement entre 1989 et 1991, donnaient une estimation de la distribution des concentrations moyennes annuelles de radon dans des logements occupés de 50 Etats. Les réponses à un questionnaire de 22 pages ont montré que la moyenne arithmétique de la concentration annuelle de radon était de 46 plus ou moins 2 becquerels par m³ et que, dans six millions de logements, elle dépassait le seuil d'intervention de 150 becquerels par m³. Une autre étude regroupait les résultats de diverses sources accessibles telles que l'Agence pour la protection de l'environnement, l'Université de Pittsburgh et d'autres

Concentrations de radionucléides naturels et artificiels dans l'air

Le Programme international de métrologie du radon

Un réseau de référence, d'appui technique et de laboratoires régionaux de coordination a été créé pour veiller à la comparabilité des mesures du radon faite par divers établissements dans le monde. Il s'agit du Programme international de métrologie du radon (PIMR) dont l'AIEA et la Commission des Communautés européennes sont les coordonnateurs, et pour lequel l'Université de Salzbourg fait fonction de secrétariat. Les attributions des laboratoires sont les suivantes:

- Les laboratoires de référence donnent des avis sur les aspects scientifiques de la métrologie du radon (radon 222), thoron (radon 220) et de leurs produits de filiation, notamment en ce qui concerne l'étalonnage en laboratoire et en campagne des instruments de mesure, le prélèvement des échantillons, les modalités d'enquête et les méthodes d'analyse. Des laboratoires de référence ont été désignés pour trois régions: Europe — le Conseil national de protection radiologique du Royaume-Uni; Amérique du Nord — le Département de l'intérieur, Direction des mines, et le Laboratoire de mesures environnementales; Asie et Pacifique — le laboratoire australien de radiologie.

- Les laboratoires d'appui technique fournissent des chambres d'exposition étalonnées qui servent à comparer les mesures du radon 222, du thoron et de leurs produits de filiation, dans des conditions de laboratoire précises. Trois laboratoires d'appui technique ont été désignés, à savoir deux antennes de l'Agence de protection de l'environ-

nement, à Montgomery et Las Vegas (Etats-Unis), pour le radon 222, et CANMET à Elliot Lake (Canada), pour le thoron.

- Les laboratoires régionaux de coordination qui apporteront un appui logistique pour la conduite des activités régionales concernant les programmes d'assurance de la qualité relatifs au radon 222, au thoron et à leurs produits de filiation. Des laboratoires de cette catégorie ont été désignés pour cinq régions, à savoir l'Institut de radioprotection du Brésil, pour l'Amérique du Sud; le Laboratoire australien de radiologie, pour l'Asie et le Pacifique; la Commission de l'énergie atomique du Ghana, pour l'Afrique; l'Institut d'épidémiologie de la République tchèque, pour l'Europe et le Moyen-Orient; et l'Institut des mines d'uranium de Hengyang, Chine, pour l'Asie.

Les opérations se déroulent comme suit: les utilisateurs qui ont besoin de faire étalonner leurs détecteurs passifs les envoient à leurs laboratoires nationaux. Ceux-ci peuvent exécuter l'étalonnage des détecteurs ou les envoyer au laboratoire régional de coordination qui les fera étalonner par le laboratoire d'appui technique, lequel effectuera régulièrement des exercices d'étalonnage et des comparaisons de ces techniques de mesure avec les laboratoires de référence. A tous les niveaux, les laboratoires peuvent étalonner leurs instruments à l'aide de sources de radon fournies par les laboratoires nationaux d'étalonnage tels que l'Institut national de sciences et de technologies des Etats-Unis et le Laboratoire national de physique du Royaume-Uni.

organismes de divers Etats; elle a permis de recueillir des résultats de mesures dans des habitations de 1730 comtés, soit plus de la moitié de tous les comtés du pays, représentant environ 90% de la population des Etats-Unis.

Bernard Cohen a étudié les incidences sur la santé de l'exposition au radon dans les locaux, aux faibles niveaux observés. Son étude a surpris en montrant que la théorie linéaire sans seuil de la carcinogénèse radio-induite surestimait beaucoup le danger des faibles niveaux de rayonnement. L'analyse, communiquée en 1992, concluait aussi que, même dans l'hypothèse où cette théorie est valable, les appréhensions du public en ce qui concerne les faibles niveaux de rayonnement sont grossièrement exagérées.

Royaume-Uni. D'après une estimation faite par le Conseil national de protection radiologique en 1989 sur l'incidence du cancer du poumon dû à l'exposition au radon dans les habitations, ce nucléide pourrait être responsable de 2500 cancers du poumon ou plus, sur un total de 4100 par an.

L'exposition au radon dans des locaux représente la moitié de l'exposition moyenne de la population du Royaume-Uni à des rayonnements ionisants.

Des mesures ont été faites jusqu'en été 1991 dans 58 000 logements en vue d'études épidémiologiques ultérieures et de l'application de mesures correctrices et préventives. Le Gouvernement reconnaît désormais que cette forme d'exposition au radon implique un risque pour la santé. Des concentrations de radon supérieures au niveau d'intervention de 200 becquerels par m³ ont été détectées jusqu'ici dans 10% environ des habitations du Royaume-Uni. C'est un bon début, mais à peu près 90% des résidences éventuellement atteintes doivent encore être examinées.

Chine. Une enquête épidémiologique a débuté en 1972 dans des secteurs aux alentours de Yangjiang où le fond naturel de rayonnement est élevé. L'étude a porté sur une zone où les niveaux de rayonnement naturel sont trois fois plus élevés que dans une zone témoin voisine. Environ 80 000 habitants dans chaque zone, dont les familles étaient établies depuis

deux générations ou plus, ont été examinés. La moyenne annuelle de la dose efficace équivalente dans la zone choisie était de 5,4 mSv contre 2 mSv dans la zone témoin, provenant d'une exposition combinée à un rayonnement gamma externe et au radon et ses descendants. Les carcinogènes et mutagènes du milieu ambiant autres que le rayonnement naturel, ainsi que les facteurs individuels du sujet, ont été étudiés. L'enquête a porté sur un million d'années-personne d'observation visant à déterminer la mortalité par le cancer dans les deux zones.

Les résultats n'indiquent aucune augmentation de la mortalité dans la zone à forte concentration de radon comparée à la zone témoin. En fait, c'est le contraire que l'on a constaté. L'incidence des maladies héréditaires et des défauts congénitaux était analogue dans les deux cas. La fréquence des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes en circulation était plus élevée dans la zone à haute concentration que dans la zone témoin.

Niveaux d'intervention nationaux et internationaux

Au cours des années, les gouvernements et les organismes internationaux ont fixé des «niveaux d'intervention» pour l'exposition au radon. Selon la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), leur objet est de déclencher l'intervention afin de pouvoir décider quand il y a lieu d'exiger ou de conseiller une action correctrice dans les habitations en cause. Le choix de la valeur à retenir est complexe, car il dépend non seulement du niveau d'exposition, mais aussi du degré d'intervention à prévoir, lequel a des incidences économiques pour la collectivité et pour l'individu. Le niveau d'intervention le plus judicieux est peut-être celui qui implique un nombre significatif, et non impraticable, de résidences nécessitant une action correctrice. Il est donc peu probable qu'un même niveau d'intervention convienne à tous les pays.

De fait, les niveaux d'intervention qui ont été décidés semblent différer les uns des autres. De même, la limite supérieure de concentration du radon dans les immeubles à construire diffère selon les pays (voir le tableau).

Dans la version révisée actuelle de ses Normes fondamentales de sûreté, l'AIEA recommande comme niveau d'intervention 200 becquerels de radon 222 par m³ dans les habitations et 1000 becquerels par m³ aux lieux de travail.

Programme de l'AIEA sur le radon

Répondant aux préoccupations de ses Etats Membres, l'AIEA a décidé dans les années 80 de faire évaluer les expositions au radon dans les habitations et sur les lieux de travail. Il s'agissait de déterminer le genre de recommandations à faire pour

	Niveau d'intervention (Bq par m ³)	Limite supérieure (Bq par m ³)	Entrée en vigueur
Allemagne	250	250	1988
Australie	200	Non encore fixée	
Canada	800	Non encore fixée	1989
Chine	200	100	
Etats-Unis	150	Comme à l'extérieur	1988
Ex-RSFT	200	100	1991
Ex-URSS	200	100	1990
Irlande	200	200	1991
Luxembourg	250	250	1988
Norvège	200	< 60-70	1990
Royaume-Uni	200	200	1990
Suède	200	70	1990
CCE	400	200	1988
CIPR	200-600		1993
Pays nordiques	400	100	1986
OMS	100	100	1985

CCE = Commission des Communautés européennes; CIPR = Commission internationale de protection radiologique; Pays nordiques = Suède, Finlande, Norvège et Danemark; OMS = Organisation mondiale de la santé.

mettre en œuvre les mesures de contrôle nécessaires. En 1988, un projet de recherche coordonnée (PRC) sur le radon dans l'environnement humain a été étudié en collaboration avec la CCE et mis en œuvre vers la fin de 1989. Le programme a suscité quelque 140 propositions de 55 pays, ce qui témoigne d'un réel enthousiasme.

Après avoir étudié ces propositions, l'AIEA a conclu 14 contrats de recherche et 37 accords de recherche, représentant un total de 51 projets. De son côté, la CCE a passé 25 contrats de recherche avec ses Etats Membres.

Par la suite, l'ancien programme international de comparaison et d'étalonnage interlaboratoires, qui était mené par quelques laboratoires spécialisés dans le radon, a été incorporé au projet de recherche coordonnée à titre gratuit pour l'AIEA. Le projet a acquis de ce fait une nouvelle dimension grâce aux possibilités qu'il offrait à de nombreux pays en développement en leur permettant de prendre part aux opérations de comparaison et d'étalonnage, pratiquement sans frais, et d'accéder à toutes les données. Ce programme s'appelle maintenant le Programme international de métrologie du radon (voir l'encadré) et continue de faire partie du projet de recherche coordonnée. Ce dernier va bon train et un nombre d'opérations sont maintenant terminées et d'autres sont en voie d'achèvement. Les résultats seront communiqués à la dernière réunion de coordination de la recherche prévue pour l'automne de 1994. Par la suite, vu le vif intérêt que cette question continue de susciter, le programme de recherche coordonnée de l'AIEA se concentrera probablement sur la réduction des expositions au radon.

Valeurs retenues pour les niveaux d'intervention et les limites supérieures de concentration du radon dans les habitations