

Les cartographies des zones exposées à l'exhalation du radon du sol

par **Jean-Claude Baubron**, directeur du Service géologique régional Lorraine et **Didier Bonijoly**, Service connaissances et diffusion de l'information géologique - BRGM

Introduction

Le radon est un gaz radioactif produit naturellement dans le sous-sol par désintégration du radium, provenant lui-même de la désintégration nucléaire de l'uranium. Le classement de cet élément chimique comme cancérigène par l'OMS en 1987 a conduit les pouvoirs publics à engager les travaux nécessaires à la protection des populations contre ce risque pour la santé humaine.

C'est ainsi que, dès les années 1980, l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) a commencé les premières mesures du radon dans les bâtiments tant publics que privés.

Depuis 1982, une couverture systématique est engagée et permet de restituer des potentialités de contamination

moyenne par département et par commune (cf. <http://www.irsn.org>). Cependant, comme pour tout document de planification des risques naturels, ces résultats sont à relativiser, essentiellement en raison de la faible densité des mesures. En effet, 12 641 mesures (au 01/01/2000) sont réparties irrégulièrement sur l'ensemble du territoire, ce qui signifie que, pour plus des 2/3 des communes, le risque est inconnu. De plus les extrapolations des mesures à l'échelle des départements ou des communes sont établies sans aucune relation avec la géologie du sous-sol alors que le risque résulte de trois facteurs qui sont :

- la capacité des formations géologiques à émettre du radon, capacité directement en relation avec la teneur en uranium de celles-ci ;
- la faculté du radon à traverser rapidement les formations géologiques en fonction de leur porosité, de leur perméabilité et de leur fracturation ;
- enfin, la possibilité d'accumulation du radon dans les locaux.

C'est pourquoi le BRGM a proposé, dès le milieu des années 90, l'intégration des données géologiques disponibles pour l'élaboration de cartographies de l'aléa destinées à compléter les outils mis à la disposition des responsables de l'action sanitaire pour leur permettre de mieux définir les plans d'échantillonnage des habitations dans lesquelles des mesures du radon seraient effectuées.

La présente contribution présente les différentes approches cartographiques proposées par le BRGM et leurs domaines d'application.

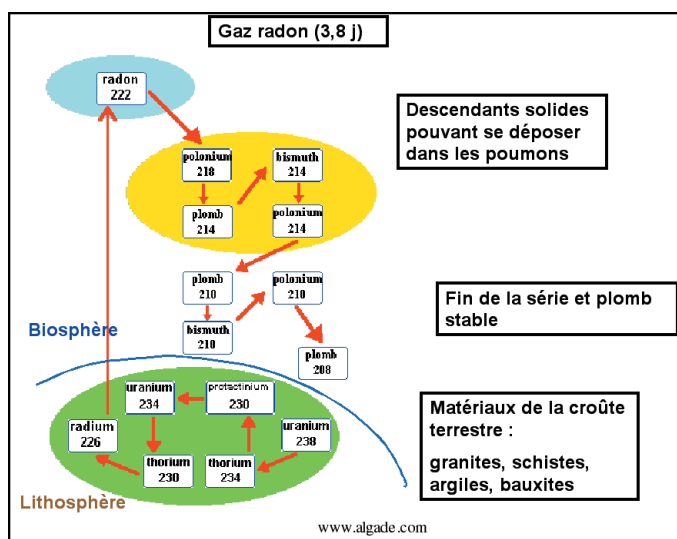


Fig. 1 : chaîne de désintégration de l'uranium 238 (d'après Algade, modifié)

Les cartes du potentiel d'exhalation du radon des roches

La méthodologie générale

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM a mis en œuvre en partenariat avec le Ministère de l'équipement, le Ministère de la santé et l'IPSN, une méthodologie puis une cartographie prédictive du potentiel d'émanation en radon des roches (circulaire DGS n°2001/303 du 2 juillet 2001). Elle s'appuie d'une part sur les données disponibles concernant la composition géochimique des roches (teneurs en uranium), d'autre part sur la géologie du sol et du sous-sol, et enfin sur un contrôle à partir des mesures d'activité volumique en radon de l'IPSN.

Cette cartographie est réalisée pour plusieurs régions, pilotes de l'initiative, comme les Pays de la Loire, l'Aquitaine et la Corse.

La méthode repose sur une analyse combinatoire des paramètres suivants :

- teneurs en uranium des roches (source du radon) issues de la banque litho-géochimique ou de couvertures spectrométriques

- aéroportées (base de données et couvertures BRGM) ;

- distance aux failles et autres drains naturels susceptibles de véhiculer le radon vers la surface (analyse structurale). En fonction de la précision des informations, ce paramètre peut être pondéré si l'on maîtrise la capacité du champ de contrainte actuel à maintenir certaines familles de fractures ouvertes ;

- distance aux gisements et indices uranifères connus (banque des données du sous-sol) ;

- distance aux sources thermales ou thermo-minérales (banque de données BRGM). Les contextes structuraux de ces sources sont considérés en tant que drains susceptibles de transporter rapidement le radon vers la biosphère.

En fonction des données disponibles et du problème à traiter, cette analyse est effectuée à partir des informations issues de la carte géologique numérique à l'échelle adaptée au problème à traiter, ainsi que de la banque des données du sous-sol avec une restitution dont la maille élémentaire est fonction de la résolution minimum attendue.

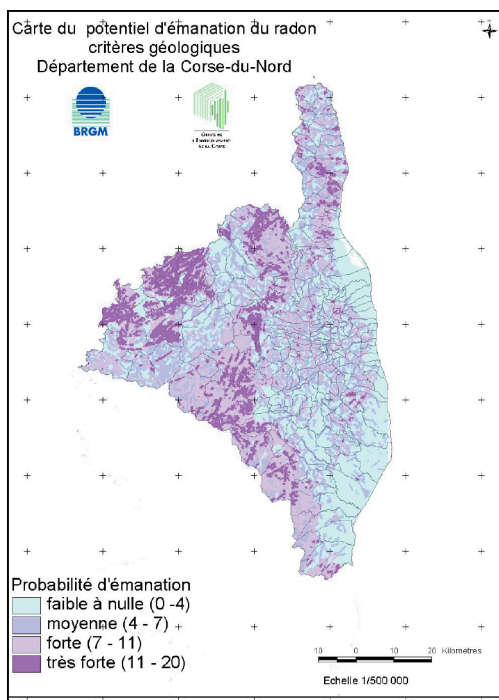


Fig. 2 : carte du potentiel d'émanation du radon fondée sur des critères géologiques. Département de Corse-du-Nord.

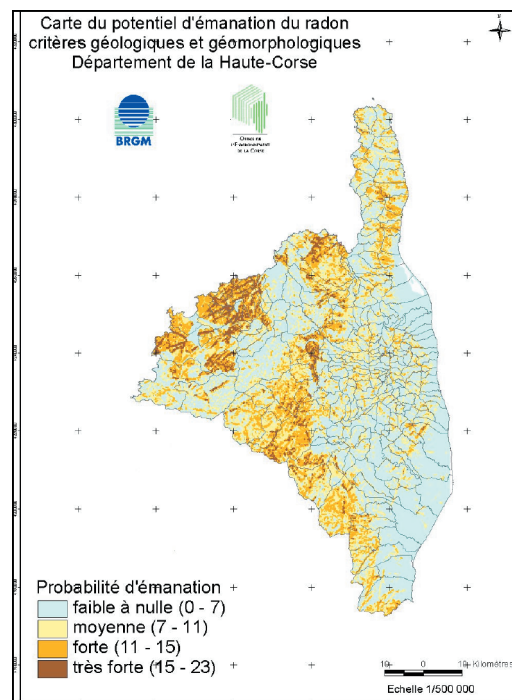


Fig. 3 : carte du potentiel d'émanation du radon fondée sur des critères géologiques et morphologiques. Département Haute-Corse.

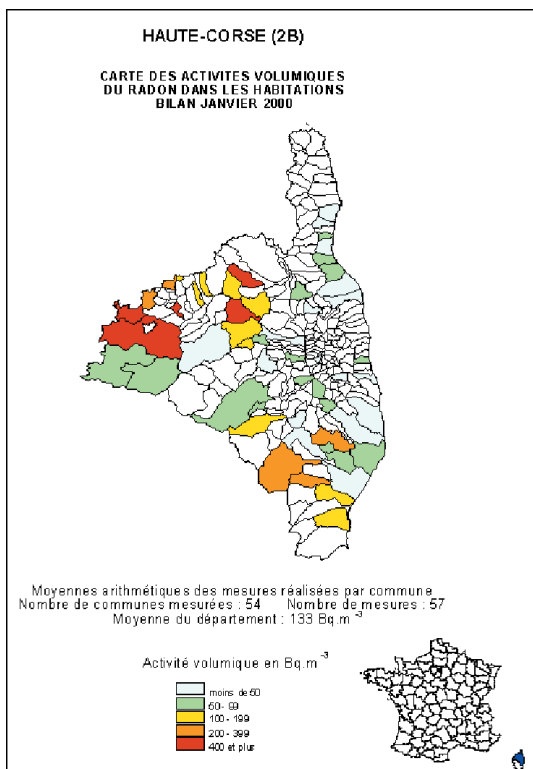


Fig. 4 : carte d'après la campagne nationale de mesure de l'exposition domestique au radon (IPSN-DGS).

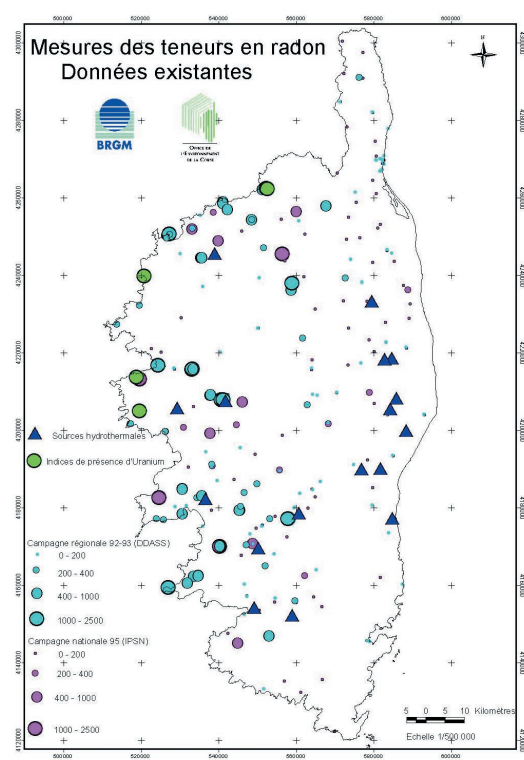


Fig. 5 : carte des mesures de radon (d'après la campagne DDASS 1992-1993 et IPSN 1995), des indices de présence d'uranium et des sources hydrothermales.

Le résultat est une carte (carte litho-géochimique) où les formations géologiques à teneur moyenne anormale en uranium sont identifiées et classées (potentialités forte, moyenne et faible). On y intègre les données issues du traitement des mesures géophysiques lorsqu'elles sont disponibles (levés spectrométriques aéroportés pour les zones de socle, diagraphies gamma-ray pour les formations sédimentaires), et les données structurales (issues de la carte géologique et de levés de détail et/ou de cartes dérivées de mesures magnétiques aéroportées lorsqu'elles sont disponibles).

On individualise ainsi les zones sources présentant la probabilité/potentialité la plus élevée de pouvoir émettre du radon à l'interface sol-atmosphère. Les résultats des traitements sont ensuite replacés dans le cadre des limites des communes concernées.

Des traitements complémentaires permettent de prendre en compte l'effet de la topographie sur la concentration potentielle du radon.

En effet, les zones de crêtes et les reliefs de forme convexe sont des sites facilitant la dilution du radon dans le sol par admission d'air due au vent alors que les fonds de vallées sont des sites le plus souvent mal aérés et qui sont susceptibles de favoriser la concentration de radon dans l'air.

Finalement, l'analyse combinée et la pondération de l'ensemble de ces paramètres (fig. 2 à 5) permettent de proposer un zonage au sein des entités administratives. Ce zonage est comparé aux mesures ponctuelles de l'activité volumique du radon dans les habitations (DGS et IPSN) afin d'en vérifier la validité et d'étalonner l'échelle du risque proposé (probabilité très forte, forte, moyenne et faible).

Ce zonage donne aux pouvoirs publics des critères objectifs de priorité pour mettre en œuvre des mesures de radon ciblées, dans les parties des communes où les potentialités d'émanation en radon sont les plus fortes, et où les populations pourront, d'ores et déjà, éventuellement être informées par les mairies.

Les cartes optimisées

La fiabilité des résultats acquis dans l'approche cartographique décrite ci-dessus dépend essentiellement de la représentativité des teneurs en uranium déterminées sur échantillons et attribuées aux formations géologiques cartographiées, et repose sur le postulat que l'équilibre radioactif est conservé durant toutes les étapes de la désintégration. Afin d'améliorer la pertinence du potentiel d'émanation en radon du sol, une analyse théorique et bibliographique de l'intérêt des mesures du canal uranium de la spectrométrie aéroportée pour la cartographie des zones à fort potentiel d'émanation radon a été réalisée par le BRGM (Perrin, 2001). Elle avait pour objectif d'établir une base scientifique fiable sur l'intérêt d'une telle approche. Une application a été entreprise sur le Massif Armoricaïn qui bénéficiait d'une couverture aéroportée complète à haute résolution (fig. 6) réalisée pour le compte du Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie : les espacements entre les lignes de vol étaient de 1000, 500, 250 et 125 m.

Une comparaison détaillée a été établie avec les résultats des travaux de l'IPSN acquis dans le cadre du programme « Environnement et Santé » et formalisés dans la thèse de G. Ielsch (2000) pour la région de Lorient. Cette étude constituait un excellent étalonnage in situ de la réponse aéroportée et permettait de valider les calibrations de la méthode aéroportée.

La mesure Eq.U (équivalent uranium) en spectrométrie aéroportée est fondée sur la mesure de l'intensité de la raie gamma du bismuth 214. Le bismuth 214 (fig. 1) est en effet le 3^{ème} descendant du radon 222. Sa mesure apparaît bien représentative de l'activité radium des sols à quelques cm de profondeur. En effet, elle montre une assez bonne convergence avec la teneur volumique en radon de l'espace poreux libre des sols. La tendance observée sur la zone test de Lorient est conforme à la concentration radon maximale théorique attendue, compte tenu de la concentration des sols en radium (ou uranium à l'équilibre) et de leur densité. Des anomalies sont à interpréter, en fonction de flux

plus intenses de radon d'origine plus profonde sur des accidents structuraux.

Le canal uranium aéroporté, en raison de sa capacité à fournir une évaluation du contenu radon des sols, apparaît donc constituer un outil privilégié pour la cartographie des zones à fort potentiel. Toutefois, si la méthode aéroportée permet de couvrir rapidement et de façon homogène de grandes surfaces, elle est aussi intégrante puisque l'avion parcourt 70 m pendant le processus d'acquisition d'une mesure.

Du point de vue de l'évaluation du risque d'émanation radon des sols, l'utilisation du canal U aéroporté devra donc être complétée par :

- une bonne connaissance des caractéristiques géochimiques des roches concernées afin de bien cerner le risque ; la carte géologique numérique, complétée par l'analyse combinée des autres canaux (potassium, thorium et comptage total) constitue alors un très bon outil pour la délimitation des formations géologiques à fort potentiel d'émanation radon ;
- une bonne connaissance structurale qui permet d'identifier les accidents pouvant jouer un rôle de drain susceptible de canaliser le radon d'origine profonde vers la surface ;
- l'étude de la perméabilité des terrains de surface, pouvant constituer un écran empêchant le radon de diffuser vers l'atmosphère, ou pouvant, dans certains cas, permettre une accumulation de radon apte à diffuser par le biais d'installations.

Les cartographie du risque potentiel de contamination par le radon des habitations

Les cartographies du potentiel d'émanation du radon du sol ont permis de mieux comprendre pourquoi, dans des régions réputées sans risque tels les bassins sédimentaires, des mesures anormalement élevées pouvaient être obtenues.

A l'initiative des autorités sanitaires départementales ou régionales, des études spécifiques ont pu être menées par le BRGM qui permettent de démontrer les processus de transfert des gaz mis en œuvre et de