

# Anomalies radon : la méthode DSTN fiabilise les résultats

**N. Rampnoux**

Geotherma

**D. Klein**

Laboratoire de Métrologie des Interfaces Techniques

**S. Demongeot**

Laboratoire de Microanalyses Nucléaires

**O. Griere**

Geotherma

**A. Chambaudet**

Laboratoire de Microanalyses Nucléaires

## I ■ LE RADON 222 TRACEUR GÉOLOGIQUE ■

Les éléments radioactifs naturels terrestres appartiennent à l'une des trois familles radioactives naturelles : l'uranium 238, le thorium 232 et l'uranium 235. Dans ces trois familles, les trois « éléments pères » possèdent la période la plus longue et engendrent des séries de descendants radioactifs jusqu'à l'apparition d'un élément stable. Les différents radioéléments formés sont des solides à l'exception d'un par famille, gazeux, isotope du radon. Il s'agit du radon 222 qui résulte de la désintégration du radium

dans la famille de l'uranium 238, du thoron 220 descendant du thorium dans la famille du thorium 232 et de l'actinon 219, fils de l'actinium, dans la famille de l'uranium 235.

Actinon, thoron et radon sont donc les trois isotopes du radon. Ils appartiennent, dans la classification périodique, à la colonne des gaz rares. Ils en ont les propriétés physiques et chimiques monoatomiques, inodores et incolores. Ils ne réagissent avec aucun autre élément. Leurs noyaux sont instables et ils se désintègrent en émettant une particule alpha pour donner un isotope instable du polonium. L'ensemble des premiers descendants de chacun de ces gaz est appelé le dépôt actif.

### **Radon anomalies : the DSTN method provides more reliable results**

*Radon is a radioactive gas present everywhere in the earth's crust. As one of the various natural gaseous tracers, it is widely used in different earth sciences (geological prospecting, investigation of faults, vulcanology and seismology, and so on). In the case of hydro-geological prospecting, radon can reveal permeable discontinuities in the earth related to the presence of radium 226 carried by ground water. In a collaborative project involving the Geotherma company and the university of Franche-Comté, this tracer has been used in the search for new thermal springs.*

*Two techniques developed at the university of Franche-Comté have been used to measure radon concentrations in the earth and in water. These measuring techniques provide either instantaneous results, using a proportional counter, or integrated data by using solid nuclear path detectors.*

*The complementary results obtained make it possible to map the radon emanations on the site being investigated. By processing the results as a function of the site characteristics it is possible precisely to locate surface anomalies, which may be related either to the underlying geology or to the presence of a nearby underground fluid (which may be gaseous or liquid) carrying the gas to the surface.*

Le thoron est environ trois fois plus important dans les sols que le radon. L'actinon, quant à lui, est le moins abondant. Dans l'atmosphère, on les trouve en quantité inégale. En effet, une certaine quantité de ces gaz radioactifs, formée au sein des roches mères respectives, a la possibilité d'émaner de la surface. Bien que leurs coefficients de diffusion soient identiques, pour un milieu donné, leurs périodes radioactives très différentes (3,9 secondes pour l'actinon (219 Rn), 55 secondes pour le thoron (220 Rn) et 3,8 jours pour le radon (222 Rn)) font que ce dernier est celui qui a la plus grande probabilité d'émaner dans l'atmosphère.

Ces caractéristiques expliquent le fait que le radon 222 est le composant gazeux radioactif le plus utilisé comme traceur naturel pour la prospection géologique.

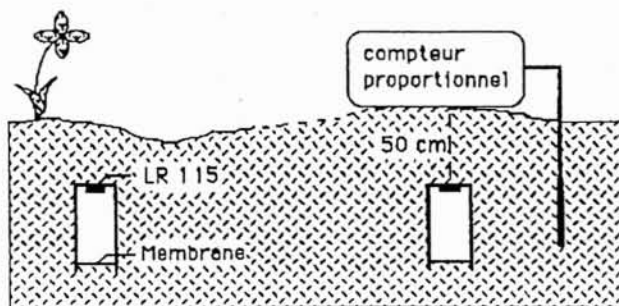
## II ■ LES TECHNIQUES DE MESURE MISES EN OEUVRE ■

Pour réaliser des mesures de l'émanation radon différentes techniques [1, 2 et 3] développées à l'Université de Franche-Comté sont utilisées :

— La première technique de mesure développée repose sur l'utilisation de détecteurs polymériques appelés Détecteurs Solides de Traces Nucléaires (D.S.T.N.). Ces détecteurs subissent, lors du passage de particules alpha, des zones de dégâts qui peuvent être chimiquement révélées et ensuite observées par microscopie optique. Le résultat du comptage de la densité de traces sur la surface est proportionnel à l'activité en radon pendant la période d'exposition, au facteur de calibration prêt. Sur le terrain, les cellules de mesure sont exposées pendant des périodes de 10 à 30 jours en fonction de l'activité attendue. Ce type de mesure présente également l'intérêt d'être simple à mettre en œuvre sur le terrain et d'être d'un faible coût.

— Dans le but de réaliser une mesure directe de ce gaz, un compteur proportionnel à circulation et des techniques de mesure, adaptées pour les sols ou les eaux, ont été développés. L'ensemble de ce système est portable et autonome. Il permet de réaliser des mesures sur tout terrain et en toute saison. Et ainsi, une mesure en radon quasi instantanée (temps d'homogénéisation de 45 minutes) est accessible.

La mise en place et la collecte des détecteurs demandent environ 1 jour par 100 points de mesure alors que pour la mesure instantanée il n'est possible que d'en réaliser 6 à 8 par jour.



1. Techniques de mesure utilisées.

Lors d'une investigation de terrain, la complémentarité des méthodes est utilisée. En premier lieu, en fonction de la zone à étudier, un maillage large (pas de 100 m par 100 m) est défini. En chaque point de la maille est placée une cellule de mesure intégrant l'émanation radon à une profondeur de 40 cm. Après 20 jours d'exposition, les cellules sont collectées et analysées au laboratoire. Les résultats permettent ainsi de définir les premiers sites privilégiés et d'accroître les renseignements géologiques sur la zone.

Après une semaine, temps nécessaire à l'exploitation des résultats, une seconde campagne de terrain est mise en œuvre. Pendant sa mise en place, différentes mesures instantanées sont réalisées pour vérifier les premiers résultats. Pour cette seconde investigation par mesure intégrante sont placées : des cellules de mesure par D.S.T.N. d'une part avec un pas de 100 m par 100 m décalé de 50 m par rapport au précédent et d'autre part des maillages carrés de 10 ou 20 m aux lieux des premières anomalies. Il est à souligner que le temps d'exposition est choisi en fonction de la première investigation et qu'il est le plus souvent de 10 à 15 jours.

Dans le cas de prospection hydrogéologique, la mesure intégrée présente l'avantage très important d'obtenir un résultat moyen pour une période donnée, alors que la mesure instantanée peut amener des erreurs d'interprétation dues à des conditions ponctuelles spécifiques, météorologiques par exemple. Ainsi, une mesure dans un sol gorgé d'eau par les pluies entraînera une diminution de l'émanation en radon de parfois 70 pour cent. Mais cette mesure instantanée peut être mise en place en continu en un point du site d'investigation, ceci afin d'observer les variations de l'émanation en radon pour des points spécifiques et ainsi d'accroître l'utilisation de cet outil radon.

## III ■ DISCUSSIONS SUR LES RÉSULTATS ■

Les résultats des différentes investigations permettent de définir les zones où l'émanation en radon est anormale par rapport aux résultats de l'ensemble du site. Il est à souligner que les points anormaux doivent présenter un niveau égal à deux fois au moins la valeur moyenne du premier pic dans la distribution finale des émanations.

S'il n'existe pas de pic, cela signifie que les émanations en radon sont diffuses sur le site et que le site est fortement perméable au radon. Dans ce cas, les interprétations faites par les hydrogéologues seront fonction de la largeur de la distribution des résultats. Un point devra être arbitrairement choisi en fonction des autres données géologiques et physico-chimiques.

Au niveau de l'interprétation de mesure de l'émanation radon, il est important de conclure que cet outil est dans certains cas très performant, mais qu'il doit toujours être une composante d'un ensemble de mesure de terrain pour la prospection. En effet, les nombreux paramètres géologiques, pédologiques et météorologiques, qui peuvent intervenir, sont susceptibles d'entraîner des erreurs d'interprétation réalisées uniquement en fonction de la réponse radon d'un site.

## IV ■ APPLICATIONS À UNE CAMPAGNE DE TERRAIN ■

Des investigations radon ont été entreprises sur des sites thermaux, en mettant en œuvre des D.S.T.N. et le compteur

proportionnel. Dans certains cas, ces mesures sont couplées avec celle du CO<sub>2</sub>.

D'un point de vue pratique, les D.S.T.N. sont implantés selon un maillage régulier. Après être restés dans le sol (2 à 4 semaines), les D.S.T.N. sont récupérés.

D'un point de vue interprétatif, le géologue s'intéresse tout d'abord à définir le bruit de fond puis à localiser les « anomalies » se caractérisant par des pics en radon.

Si nécessaire et pour affiner la recherche, on procède à une deuxième campagne de mesures en resserrant la maille à proximité des anomalies. D'autre part, des mesures à l'aide du compteur proportionnel sont mises en œuvre sur les points singuliers (photos 1 et 2).



Photo 1. Campagne de mesure du radon dans le sol par la méthode du compteur proportionnel (moyens du laboratoire de microanalyses nucléaires de Besançon, janvier 1993).

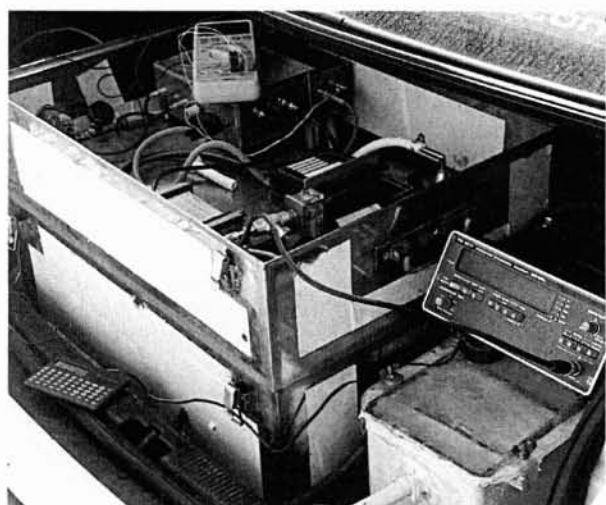


Photo 2. Compteur proportionnel : détail de l'appareil. Ce dispositif permet une lecture directe de l'activité radon dans le sol avec une très grande fiabilité.

Les valeurs mesurées permettent l'établissement d'un document cartographique d'isovaleurs. C'est à partir de ce document que le géologue va réfléchir.

## V ■ DISCUSSION SUR L'INTÉRÊT DU RADON POUR LA RECHERCHE D'EAU THERMALE ■

S'il est vrai que les eaux thermominérales se distinguent des eaux « banales » par des faciès physico-chimiques et isotopiques distincts, il serait illusoire de considérer que l'outil radon à lui seul peut être suffisant pour rechercher des gîtes thermaux.

En effet, certaines eaux thermales sont exemptes de radon. D'autre part pour aboutir à une interprétation correcte, il est nécessaire d'appréhender finement la géologie et la tectonique locale. La prospection radon doit être accompagnée de la recherche du CO<sub>2</sub> mais également par des campagnes géophysiques et des relevés structuraux de terrain.

Le gaz radon circule à la faveur de fissures ou de failles qui permettent au radon d'émaner à la surface du sol. Si la fissuration affectant la série géologique, n'est pas sub-verticale, un forage implanté au droit d'une anomalie radon n'aura pas de chance de recouper des fissures productives d'eau thermale.

Enfin, de nombreux facteurs peuvent modifier les émissions de radon. Sur des sites étudiés, nous avons pu constater que des défrichements avaient modifié sensiblement les taux de radon. D'autre part, les émissions de radon fluctuent naturellement dans le temps en fonction des facteurs climatiques (pression atmosphérique, pluviométrie...).

C'est pourquoi les capteurs D.S.T.N. sont scientifiquement intéressants: ils permettent de s'affranchir des états transitoires contrairement aux mesures « instantanées » qui sur un même site peuvent nécessiter deux à trois jours de mesures.

Dans le cadre des recherches d'eaux thermominérales, le radon peut être un traceur qui doit avec l'aide d'une analyse géologique détaillée (structures, faciès et géophysique) permettre de localiser au mieux les secteurs favorables à la recherche d'eau thermominérale.

## Références bibliographiques

- [1] KLEIN D. (1990). — *Réalisation et applications d'un compteur proportionnel pour des mesures de terrain en continu du radon 222*, Thèse de physique chimie, Université de Franche-Comté.
- [2] CHAMBAUDET A. (1994). — *Development of a autonomous radon system using the technique of the proportional counter*, ANVAR Contract.
- [3] DEMONGEOT S. (1993). — *Mesure du radon dans les sols saturés et les eaux*, mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie de Physique-chimie, Université de Franche-Comté.