

risque de cancer du poumon de 16 % pour un accroissement de 100 Bq/m<sup>3</sup> de la concentration en radon après prise en compte des incertitudes aléatoires sur les mesures de radon. Si l'on considère le nombre absolu de cas de cancer du poumon associés au radon, on observe qu'une grande part du risque est concentrée chez les fumeurs, et parmi ceux exposés à des concentrations relativement faibles dans leurs habitations.

Quelles sont les conséquences de cette évaluation du risque en France ? D'après les mesures disponibles, la France détient, en effet, une concentration moyenne en radon relativement élevée à environ 90 Bq/m<sup>3</sup>. En employant divers modèles de risque et en intégrant les incertitudes, Catelinois et coll. ont évalué le nombre de décès annuels par cancer du poumon attribuables au radon en France. Ce chiffre est loin d'être négligeable, et l'étude fait état de plus de 1 200 décès sur l'ensemble du territoire, même lorsque le modèle le plus modéré est appliqué.

Néanmoins, Pirard et coll. soulignent que la persistance des discussions quant au radon relèvent d'un problème de perception du risque par le public. Ils présentent et discutent le risque par région et l'évaluation de son impact sous la perspective d'un outil d'aide aux politiques et aux stratégies de gestion de la santé publique. Cette approche est illustrée par deux études réalisées en Corse et en Bretagne, régions où les concentrations moyennes en radon sont élevées. Les auteurs soulignent le besoin de réaliser des mesures représentatives qui serviront de référence pour établir les actions de santé publique concernant le radon. Cependant, l'absence de ces données ne doit pas empêcher la mise en place de politiques raisonnables fondées sur des approches préventives, comme par exemple l'installation de barrières anti-radon dans les habitations en construction.

Comment coordonner et mettre en oeuvre de manière efficace les actions en matière de gestion du risque lié au radon ? Le travail de Godet et coll. décrit l'approche employée en France qui s'achève par un plan interministériel pour rassembler les différentes agences nationales et les instituts concernés afin de renforcer leurs actions. Les mesures de radon ont démontré qu'un nombre non négligeable de lieux publics présentent une concentration en radon élevée et nécessitent la mise en place d'actions correctives.

Pour conclure, le numéro jette un œil de l'autre côté de l'Atlantique où le Québec au Canada offre un exemple intéressant quant au problème posé par le radon. En 2004, le rapport d'un groupe de travail a clairement recommandé une intensification des actions correctives pour réduire les risques liés au radon, en insistant sur l'intégration de mesures préventives dans le code de la construction et de l'habitation pour les bâtiments neufs et sur l'évaluation des concentrations en radon dans les bâtiments publics. Dans ce contexte de discussions soutenues autour du problème du radon domestique au Canada, il est bon à savoir que ce pays est actuellement en train de diminuer son niveau de référence pour le radon de 800 à 200 Bq/m<sup>3</sup>.

Tout au long de ce numéro du BEH, un message transparaît en fil conducteur : une action efficace pour réduire les risques de santé liés au radon ne deviendra envisageable que lorsque notre responsabilité face à ce risque environnemental sera comprise et partagée par les scientifiques, les hommes politiques et le grand public. Aujourd'hui, la science a pu démontrer de manière convaincante l'existence d'une association entre le cancer du poumon et l'exposition au radon. Ainsi, le défi est maintenant de communiquer ces informations à tous les acteurs et d'aider les décideurs à la réaliser des actions pertinentes à tous les niveaux. Une partie de ce défi est liée au « grand frère » du radon en ce qui concerne le risque de cancer du poumon, à savoir le tabagisme, qui est à l'origine de la grande majorité des cancers du poumon à travers le monde. Cependant, comme cela a largement été démontré par la communauté scientifique, le fait de minimiser le risque lié au radon constituerait un acte de négligence. Il est clair que les mesures préventives et les actions correctives contre le radon doivent être menées de front avec la lutte contre le tabagisme afin d'obtenir les meilleurs résultats en matière de santé publique. L'importance du risque environnemental lié au radon a été reconnue sur le plan international : l'Organisation mondiale de la santé a lancé en 2005 le Projet international sur le radon dans le but de développer et renforcer les politiques de contrôle du radon dans le monde entier (voir [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/radon/en/index.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/index.html)). Dès son lancement, ce projet a bénéficié de l'expertise technique apportée par des collaborateurs français. Cette collaboration doit naturellement se penser en termes d'échanges mutuels et l'OMS est prête à soutenir la promotion du programme français sur le radon et ses actions de communication dans les années à venir.

---

Une version anglaise de cet éditorial est disponible sur le site internet de l'InVS : [http://www.invs.sante.fr/display/?doc=beh/2007/18\\_19/index.htm](http://www.invs.sante.fr/display/?doc=beh/2007/18_19/index.htm)  
An english version of this editorial is available on the web site of the French Institute of Public Health Surveillance:  
[http://www.invs.sante.fr/display/?doc=beh/2007/18\\_19/index.htm](http://www.invs.sante.fr/display/?doc=beh/2007/18_19/index.htm)

---

## Risques associés au radon : l'apport des études de mineurs

Dominique Laurier (dominique.laurier@irsn.fr)<sup>1</sup>, Blandine Vacquier<sup>1</sup>, Kleirvi Leuraud<sup>1</sup>, Sylvaine Caër<sup>2</sup>, Alain Acker<sup>2</sup>, Margot Tirmarche<sup>1</sup>

1 / Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Fontenay-aux-Roses, France 2 / Conseil médical Groupe Areva, Paris, France

---

### Résumé / Abstract

Cet article présente les études épidémiologiques effectuées sur des populations de mineurs pour analyser les risques associés à l'exposition au radon. Il recense les données disponibles, en détaillant plus particulièrement l'étude française. Il résume les résultats acquis et présente les questions actuelles. Au total, une quinzaine d'études de cohorte ont été mises en place dans le monde depuis les années 1960, notamment sur des mineurs d'uranium. Ces études ont apporté de nombreux résultats sur le risque de cancer du poumon. Elles ont en particulier permis de quantifier la relation exposition-réponse et de mettre en évidence l'effet de facteurs modifiants de cette relation, tels que l'âge ou le délai depuis l'exposition. Aujourd'hui,

### *Radon-associated risks: contribution from miners studies*

*This article presents epidemiological studies conducted among populations of miners to analyse the risks associated to radon exposure. It reviews the available data, and details the characteristics of the French cohort of miners. It summarises the obtained results and introduces the current research issues. In all, around fifteen cohort studies on miners, mainly uranium miners, have been performed in the world since the 1960's to analyse the risks associated to radon exposure. These studies have provided many results on the risk of lung cancer. More specifically, they allowed to quantify the exposure-risk*

la qualité des données dosimétriques individuelles et la possibilité de reconstituer l'ensemble de leur l'historique professionnel font des études de mineurs un complément important aux études conduites en population générale. Les projets de recherche en cours, en particulier au niveau européen, permettront de prendre en compte les expositions multiples présentes dans les mines et d'analyser les risques pour d'autres causes de décès que le cancer du poumon.

*relationship, and to demonstrate the importance of modifying factors of this relationship, such as age and time since exposure. Today, the quality of individual dosimetric data and the possibility to reconstruct the miners professional history make these studies a considerably important tool to complement surveys performed in the general population. Ongoing research projects, at the European level in particular, will allow to consider the multiple exposures existing in mines, and to analyse the risks for causes of death other than lung cancer.*

#### Mots clés / Key words

Radon, mineurs, épidémiologie, cancer du poumon, leucémie / Radon, miners, epidemiology, lung cancer, leukaemia

## Introduction

Le radon est un gaz radioactif naturellement présent à la surface de la Terre en concentration variable, dépendant de la nature du sol et du degré de confinement des lieux. Des concentrations particulièrement élevées peuvent être rencontrées dans les mines de minerai (étain, uranium, fer). C'est pourquoi des études épidémiologiques sur des populations de mineurs ont été mises en place dès les années 1960 afin d'analyser les risques associés à l'inhalation de radon et de ses descendants radioactifs. Le présent article recense les données aujourd'hui disponibles, en détaillant en particulier les caractéristiques de l'étude française des mineurs d'uranium. Il résume les résultats acquis, en présentant les avantages de ceux-ci et leur complémentarité par rapport à ceux issus des études effectuées en population générale.

## Données disponibles

Au total, une quinzaine d'études de cohorte ont été effectuées à travers le monde. Le tableau 1 présente les caractéristiques principales de l'ensemble des données actuellement disponibles. Plusieurs critères vont déterminer l'intérêt de chacune des études pour quantifier l'association entre l'exposition au radon et les risques à long terme, en particulier la taille de la population, la qualité du suivi, la précision des estimations d'exposition ou la possibilité de contrôler l'effet éventuel de facteurs confondants...

Un intérêt majeur des études de mineurs est de disposer de données individuelles sur l'exposition professionnelle au radon. L'unité d'exposition utilisée dans les mines est le « Working Level Month » (WLM), correspondant au produit de la concentration de radon par la durée de travail. Un WLM est égal à 3,5 mJ.h.m<sup>-3</sup>. La reconstitution de ces expositions au radon repose généralement sur des mesures d'ambiance effectuées dans les mines et sa qualité varie sensiblement selon les études. Durant les 10 dernières années, les travaux effectués sur certaines cohortes ont amélioré la qualité des données, en particulier pour ce qui est de l'historique des expositions professionnelles au radon, mais aussi à d'autres polluants tels que les rayonnements gamma, les poussières de minerai d'uranium ou la silice.

Des différences apparaissent également entre les études pour ce qui est de la qualité du suivi des individus et de la détermination des causes de décès, reflétée respectivement par les critères de

pourcentage d'individus perdus de vue et du pourcentage de causes de décès manquantes. La durée de suivi est également un élément particulièrement important pour analyser l'expression du risque au cours de la vie et l'effet modifiant éventuel de l'âge. La taille des cohortes constitue souvent une limite importante pour l'analyse de risques faibles. Pour contourner cette limite, des analyses conjointes des données de plusieurs études peuvent être mises en place une fois que certains critères de compatibilité ont été vérifiés. Une analyse conjointe a été effectuée à la fin des années 1990 incluant l'ensemble des études comportant des données d'exposition individuelles au radon et permettant l'analyse de la relation exposition-risque. Cette analyse réunit 11 cohortes, et porte au total sur plus de 60 000 mineurs [1,2]. Un nouveau projet d'étude conjointe est en cours au niveau européen, axé sur des populations de mineurs ayant reçu des expositions faibles sur de longues durées et disposant de données de dosimétrie de qualité [3,4].

## Cohorte française des mineurs d'uranium

La cohorte française des mineurs d'uranium est conduite en collaboration entre l'IRSN et AREVA NC (ex-Cogema) depuis plus de 20 ans [5]. Elle comporte aujourd'hui 5 086 mineurs qui ont été

employés au moins un an dans le groupe CEA-Cogema depuis 1946. L'exposition annuelle au radon et à ses descendants radioactifs a été enregistrée pour chaque mineur. Le suivi de la mortalité a été complété jusqu'en 1999 et la durée moyenne de suivi est aujourd'hui de plus de 30 ans. Le pourcentage d'individus perdus de vue est faible (<2 %). Par rapport aux autres études de mineurs, la cohorte française présente une des plus longues durées de suivi et repose sur une dosimétrie de très bonne qualité, en particulier pour les années après 1956. Au total, 1 467 décès ont été enregistrés au sein de cette cohorte, dont 159 par cancer du poumon.

L'analyse ne montre pas d'excès de mortalité toutes causes. En revanche, un risque élevé de décès a été observé pour le cancer du poumon, le cancer du rein et la silicose [6]. L'analyse confirme l'existence d'une augmentation du risque de cancer du poumon avec l'exposition cumulée au radon, avec un excès de risque relatif de l'ordre de 0,6 à 0,9 pour 100 WLM [7,8]. Un effort particulier fourni durant ces dernières années a permis de reconstituer la consommation de tabac d'un sous-ensemble des mineurs dans le cadre d'une étude cas-témoins nichée. L'analyse de ces données montre que cette relation persiste après prise en compte du tabagisme [9]. Les recherches se poursuivent dans le

Tableau 1 Caractéristiques des études de cohortes de mineurs disponibles en 2006  
Table 1 Characteristics of miners cohort studies available in 2006

Nom-localisation	Pays	Type	Nombre de mineurs	Période de suivi	Durée de suivi (années)	Nombre d'années de suivi	Décès par cancer du poumon
Yunnan	Chine	Étain	13 649	1976-87	10	134 842	936
West-Bohemia	Répub. Tchèque	Uranium	9 979	1952-99	26	262 507	922
Colorado	USA	Uranium	3 347	1950-90	26	79 556	334
Ontario	Canada	Uranium	21 346	1955-86	18	300 608	285
Newfoundland	Canada	Fluorspath	1 742	1950-01	34	59 597	191
Malmberget	Suède	Fer	5 487	-	26	32 452	79
New Mexico	USA	Uranium	3 457	1943-85	17	46 800	68
Eldorado *	Canada	Uranium	17 660	1950-99	23	408 477	639
Radium Hill	Australie	Uranium	1 457	1948-87	22	24 138	31
Cea-Cogema	France	Uranium	5 086	1946-99	30	153 063	159
Cornwall	Grande Bretagne	Étain	2 535	1941-89	26	66 920	-
Wismut	Allemagne	Uranium	59 001	1946-98	30	1 801 630	2 388
North-Bohemia	Répub Tchèque	Étain	2 466	1953-99	27	66 418	205
Hunan	Chine	Uranium	5 285	1970-01	29	155 440	123
Yellow River	Russie	Uranium	2 582	1943-84	28	73 000	101
Total			155 079			> 3 633 196	> 6 382

\* Cohorte issue du regroupement de cohortes initialement séparées (Beaverlodge, Port Radium...)

cadre d'un projet de recherche européen regroupant plus de 50 000 mineurs suivis sur plusieurs dizaines d'années et pour lesquels une reconstitution précise des expositions professionnelles a été effectuée [3,4]. Les prochaines analyses permettront de prendre en compte les informations recueillies sur les autres expositions présentes dans les mines [4] ([www.alpha-risk.org](http://www.alpha-risk.org)).

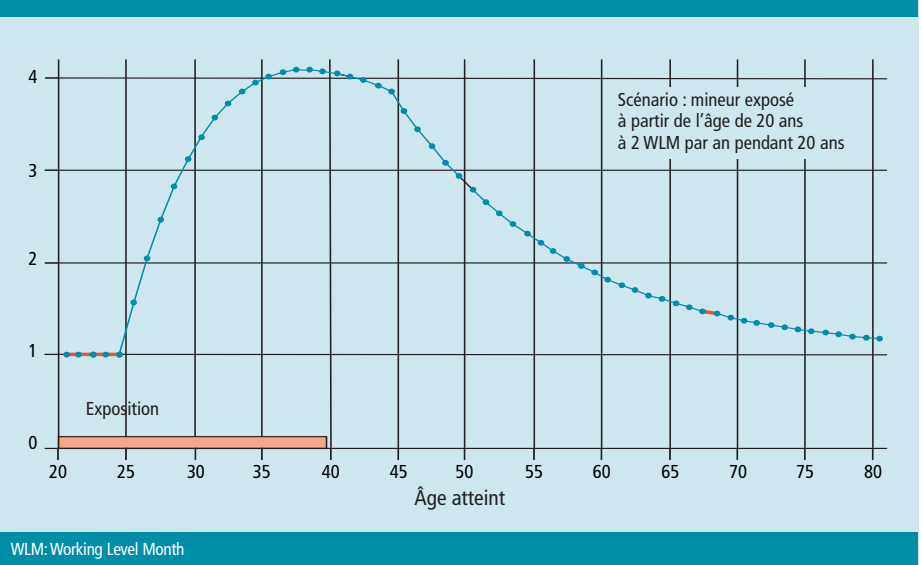
## Résultats acquis : exposition au radon et risque de cancer du poumon

Les études épidémiologiques effectuées sur des populations de mineurs montrent de façon concordante un excès de mortalité par cancer du poumon et une augmentation du risque de décès par cancer du poumon associée à l'exposition cumulée au radon durant la vie professionnelle. Cette relation est compatible avec un modèle linéaire (figure 1). La relation estimée chez les mineurs apparaît tout à fait cohérente avec celle obtenue dans le cadre des études menées en population générale sur le risque de cancer du poumon et l'inhalation du radon dans les habitations (figure 2).

Plusieurs auteurs ont mis en évidence des facteurs modifiants de cette relation : le risque associé à une exposition donnée diminue avec l'augmentation de l'âge lors de cette exposition et avec le délai depuis cette exposition [2]. Ces résultats sont illustrés par la figure 3, sur la base des résultats d'une analyse franco-tchèque, reposant sur plus de 10 000 mineurs : après la fin de l'exposition au radon, le risque associé à cette exposition diminue d'un facteur 2 par décennie, et 30 ans après la fin de l'exposition, il redevient très proche du risque d'un individu non exposé. Le délai de latence moyen estimé entre l'exposition au radon et à ses descendants radioactifs et la survenue des décès est de l'ordre de 20 à 25 ans.

L'analyse conjointe des 11 cohortes avait montré un effet inverse du débit d'exposition : pour une même exposition cumulée, le risque associé était plus élevé si cette exposition était reçue sur une longue durée. Néanmoins, cet effet n'est pas retrouvé lorsque l'analyse exclut les expositions plus élevées [2,3].

**Figure 3** Facteurs modifiants de la relation entre l'exposition cumulée au radon et le risque de décès par cancer du poumon chez les mineurs d'uranium : effet de l'âge et du délai depuis l'exposition (étude conjointe franco-tchèque [3]) / **Figure 3** Modifying factors of the relationship between cumulated radon exposure and lung cancer mortality risk among uranium miners: effects of age and time since exposure (joint French-Czech analysis [3])



Certaines études ont permis, au moins partiellement, de reconstituer le statut tabagique des mineurs. Les résultats actuels indiquent une interaction sub-multiplicative entre le tabac et le radon pour ce qui est du risque de cancer du poumon [2].

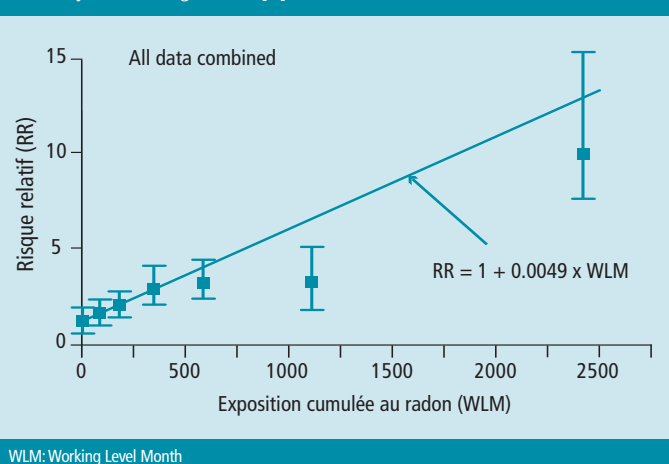
## Question ouverte : exposition au radon et risque de leucémie

Le seul effet actuellement reconnu de l'inhalation de radon est l'induction de cancer du poumon [10]. Néanmoins, des études dosimétriques indiquent qu'une part de la dose due au radon et à ses descendants radioactifs peut être délivrée en dehors des poumons, en particulier à la moelle osseuse [11]. De plus, une association entre la concentration de radon dans l'habitat et le risque de leucémie est régulièrement retrouvée dans les études écologiques en population générale [12,13].

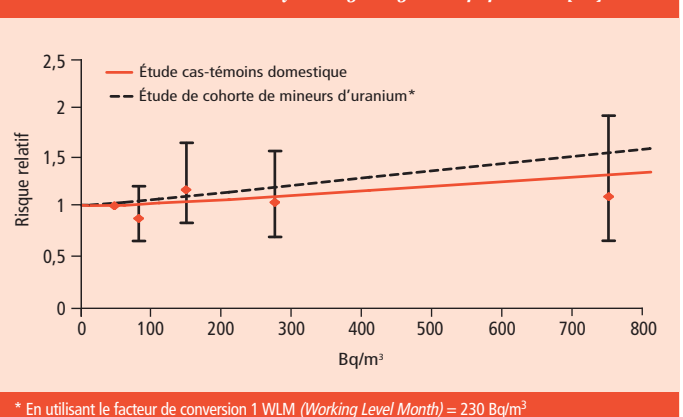
Les études effectuées chez les mineurs jusqu'à la fin des années 90 n'avaient pas conclu à une association entre l'exposition au radon et le risque de leucémie [14]. Cependant plusieurs travaux récents

apportent de nouveaux éléments sur ce point. Une étude cas-témoins chez des mineurs d'uranium allemands ne montre pas d'association entre l'exposition au radon et le risque de leucémie [15]. Une analyse de la cohorte des mineurs d'uranium tchèques indique un excès de décès par leucémie, associé à la durée d'exposition et à la dose à la moelle osseuse. Néanmoins, les auteurs attribuent cette association plus à l'exposition externe aux radiations et à l'inhalation de poussières d'uranium présentes dans les mines qu'au radon [16]. Une autre étude, portant sur des données d'incidence chez les mineurs d'uranium tchèques, a conclu à une association entre l'exposition au radon et le risque de leucémie, mais elle ne permettait pas de considérer les autres sources d'exposition présentes dans les mines [17]. En conclusion, l'existence d'un risque de leucémie associé à l'inhalation de radon n'est pas démontrée. Des recherches complémentaires sont nécessaires, en tenant compte de l'ensemble des expositions de ces mineurs, en particulier les différentes sources d'exposition aux rayonnements ionisants.

**Figure 1** Relation entre le risque de décès par cancer du poumon et l'exposition cumulée au radon chez les mineurs d'uranium [1] / **Figure 1** Relationship between cumulated radon exposure and lung cancer mortality risk among miners [1]



**Figure 2** Comparaison des relations entre l'exposition au radon et le risque de cancer du poumon obtenues en France dans l'étude de cohorte des mineurs d'uranium et dans l'étude cas-témoins en population générale [18] / **Figure 2** Lung cancer risk associated to radon exposure: comparison of the relationships obtained in France from the cohort study of uranium miners and from the case-control study among the general population [18]



## Remerciements

Cette étude bénéficie d'un soutien financier de la part d'AREVA-NC et de la Commission Européenne (projet AlphaRisk).

## Références

- [1] Lubin J, Boice JD, Edling JC, et al. Radon and lung cancer risk: A joint analysis of 11 underground miner studies. National Institute of Health (NCI), 1994.
- [2] National Research Council. Committee on Health Risks of Exposure to Radon. Board on Radiation Effects Research. Health effects of exposure to radon. BEIR VI report. Washington, D.C.: National Academy Press, 1999.
- [3] Tirmarche M, Laurier D, Bergot D, et al. Quantification of lung cancer risk after low radon exposure and low exposure rate: synthesis from epidemiological and experimental data. Final scientific report, February 2000- July 2003. Contract FIGH-CT1999-00013. Brussels: European Commission DG XII, 2003.
- [4] Alpha-Risk: risks related to internal and external exposures. In Euratom Research Projects and Training Activities (Volume I). ISBN 92-79-00064-0. EUR 21229. Catalogue KI-NA-21229-EN-C. 2006.
- [5] Tirmarche M, Raphalen A, Allin F, Chameaud J, Bredon P. Mortality of a cohort of French uranium miners exposed to relatively low radon concentrations. Br J Cancer 1993; 67:1090-7.
- [6] Vacquier B, Caër S, Quesne B, Tirmarche M, Laurier D. Radon exposure and mortality risk among French miners cohort: extended follow-up 1946-1999. ISEE-ISEA congress. Paris, Sept 2006.
- [7] Rogel A, Laurier D, Tirmarche M, Quesne B. Modelling lung cancer risk associated to radon exposure in the French cohort of uranium miners. J Radiol Prot 2002; 22:A101-6.
- [8] Laurier D, Tirmarche M, Mitton N, et al. An update of cancer mortality among the French cohort of uranium miners: extended follow-up and new source of data for causes of death. Eur J Epidemiol 2004; 19:139-46.
- [9] Leuraud K, Billon S, Bergot D, Tirmarche M, Caër S, Quesne B, Laurier D. Lung cancer risk associated to exposure to radon and smoking in a case-control study of French uranium miners. Health physics 2007; 92:371-8.
- [10] International Agency for Research on Cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans: Ionizing Radiation, Part II: Some Internally Deposited Radionuclides. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2001.
- [11] Kendall GM, Smith TJ. Doses to organs and tissues from radon and its decay products. J Radiol Prot 2002; 22:389-406.
- [12] Laurier D, Valenty M, Tirmarche M. Radon exposure and the risk of leukemia: a review of epidemiological studies. Health Phys 2001; 81:272-88.
- [13] Evrard AS, Hénon D, Billon S, et al. Ecological association between indoor radon concentration and childhood leukaemia incidence in France, 1990-1998. Eur J Cancer Prev 2005; 14:147-57.
- [14] Darby SC, Whitley E, Howe GR, et al. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. J Natl Cancer Inst 1995; 87:378-84.
- [15] Möhner M, Lindtner M, Otten H, Gille HG. Leukemia and exposure to ionizing radiation among German uranium miners. Am J Ind Med 2006; 49: 238-48.
- [16] Tomasek L, Malatova I. Leukaemia and Lymphoma Among Czech Uranium Miners. Second European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress on Radiation Protection. Paris, May 2006.
- [17] Rericha V, Kulich M, Rericha R, Shore DL, Sandler DP. Incidence of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma in Czech uranium miners: a case-cohort study. Environ Health Perspect 2006; 114:818-22.
- [18] Baysson H, Tirmarche M, Tymen G, et al. Indoor Radon and Lung Cancer in France. Epidemiology 2004; 15:709-16.

# Exposition au radon dans les habitations et risque de cancer du poumon : analyse conjointe des données individuelles de 13 études cas-témoins européennes

Sarah Darby (sarah.darby@ctsu.ox.ac.uk)<sup>1</sup>, David Hill<sup>1</sup>, Anssi Auvinen<sup>2</sup>, Juan-Miguel Barros-Dios<sup>3</sup>, Hélène Baysson<sup>4</sup>, Francesco Bochicchio<sup>5</sup>, Harz Deo<sup>6</sup>, Rolf Falk<sup>7</sup>, Francesco Forastiere<sup>8</sup>, Matti Hakama<sup>9</sup>, Iris Heid<sup>10</sup>, Lothar Kreienbrock<sup>11</sup>, Mikaela Kreuzer<sup>12</sup>, Frédéric Lagarde<sup>13</sup>, Ilona Mäkeläinen<sup>14</sup>, Colin Muirhead<sup>15</sup>, Wilhelm Oberaigner<sup>16</sup>, Göran Pershagen<sup>17</sup>, Alberto Ruano-Ravina<sup>3</sup>, Eeva Ruosteenoja<sup>14</sup>, Angelika Schaffrath Rosario<sup>10</sup>, Margot Tirmarche<sup>4</sup>, Ladislav Tomáček<sup>17</sup>, Élise Whitley<sup>18</sup>, Heinz-Erich Wichmann<sup>10</sup>, Richard Doll<sup>1</sup>

1 / Radcliffe Infirmary, Royaume-Uni 2 / École de Santé Publique, Tampere, Finlande 3 / Université de Santiago de Compostela, Espagne 4 / Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, France 5 / Institut National Italien de la Santé, Rome, Italie 6 / Université de Reading, Reading, Royaume-Uni 7 / Autorité suédoise de radioprotection, Stockholm 8 / Département d'épidémiologie, Rome, Italie 9 / Registre du cancer finlandais, Helsinki, Finlande 10 / Centre de recherche GSF pour l'Environnement et la Santé, Neuherberg, Allemagne 11 / Institut de Biométrie, d'Épidémiologie et de Traitement de l'Information, Hannover, Allemagne 12 / Département de Radioprotection et de Santé, Neuherberg, Allemagne 13 / Institut de Médecine Environnementale, Stockholm, Suède 14 / Autorité de Sécurité Nucléaire et de Radioprotection, Helsinki, Finlande 15 / Autorité Nationale de Radioprotection, Chilton, Royaume-Uni 16 / Tumorregister Tirol, Innsbruck, Autriche 17 / Institut National de Radioprotection, Prague, République Tchèque 18 / Université de Bristol, Bristol, Royaume-Uni

Cet article a été publié dans sa version anglaise dans le BMJ consultable sous la référence suivante : BMJ. 2005 Jan 29;330(7485):223-6. (Epub 2004 Dec 21).  
This article has been published in the BMJ and is available at: BMJ. 2005 Jan 29;330(7485):223-6. (Epub 2004 Dec 21).

## Résumé / Abstract

**Objectifs** – Déterminer le risque de cancer du poumon associé à l'exposition aux produits de désintégration du radon, gaz d'origine naturelle, dans les habitations.

**Conception** – Analyse conjointe des données individuelles de 13 études cas-témoins sur le radon domestique et le cancer du poumon.

**Contexte** – Neuf pays européens.

**Effectifs** – 7 148 cas de cancer du poumon et 14 208 témoins.

**Mesures principales** – Les risques relatifs de cancer du poumon et la concentration du gaz radon dans des habitations occupées au cours des 5 à 34 dernières années mesurée en becquerels (nombre de désintégrations de radon par seconde) par mètre cube (Bq/m<sup>3</sup>) d'air domestique.

**Résultats** – La concentration moyenne de radon mesurée dans les habitations du groupe témoin était de 97 Bq/m<sup>3</sup>, dont 11 % était >200 et 4 % était >400 Bq/m<sup>3</sup>. Dans les habitations des individus atteints de cancer du poumon, la concentration moyenne était de 104 Bq/m<sup>3</sup>. Le risque de cancer du poumon augmente de 8,4 % (intervalle de confiance à 95 % de 3,0 % à 15,8 %) par accroissement de 100 Bq/m<sup>3</sup> de radon mesuré (P=0,0007). Cela correspond à une augmentation de 16 % (5 % à 31 %) par accroissement de 100 Bq/m<sup>3</sup> de radon domestique - c'est-à-dire après correction de la dilution induite par les incertitudes aléatoires de la mesure des concentrations en radon. La relation dose/effet semble être linéaire sans seuil minimal et

## Radon in homes and risk of lung cancer: 13 collaborative analyses of individual data from European case-control studies

**Objective** – To determine the risk of lung cancer associated with exposure at home to the radioactive disintegration products of naturally occurring radon gas.

**Design** – Collaborative analysis of individual data from 13 case-control studies of residential radon and lung cancer.

**Setting** – Nine European countries.

**Subjects** – 7 148 cases of lung cancer and 14 208 controls.

**Main outcome measures** – Relative risks of lung cancer and radon gas concentrations in homes inhabited during the previous 5-34 years measured in becquerels (radon disintegrations per second) per cubic metre (Bq/m<sup>3</sup>) of household air.

**Results** – The mean measured radon concentration in homes of people in the control group was 97 Bq/m<sup>3</sup>, with 11% measuring > 200 and 4% measuring > 400 Bq/m<sup>3</sup>. For cases of lung cancer the mean concentration was 104 Bq/m<sup>3</sup>. The risk of lung cancer increased by 8.4% (95% confidence interval 3.0% to 15.8%) per 100 Bq/m<sup>3</sup> increase in measured radon (P=0.0007). This corresponds to an increase of 16% (5% to 31%) per