

ANALYSE DE MORTALITE AU SEIN DE LA COHORTE FRANÇAISE DE MINEURS D'URANIUM : SUIVI 1946-2007

**Estelle RAGE, Sylvaine CAER-LORHO, Damien DRUBAY, Sophie ANCELET,
Pierre LAROCHE, Dominique LAURIER**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
PRP-HOM, SRBE, LEPID, BP17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France
estelle.rage@irsn.fr

AREVA
BGM/DOP/SSE-RP, 1 place Jean Millier - BAL 2618C-2
92084 Paris La Défense Cedex, France.

Introduction:

Les mineurs d'uranium sont exposés de façon chronique aux rayonnements ionisants (RI) au cours de leur activité professionnelle. Ils constituent de ce fait une population pertinente pour l'étude des effets sanitaires à long terme liés à l'exposition au radon et à ses descendants à vie courte, ainsi qu'aux poussières d'uranium et aux rayonnements externes gamma. Une vingtaine d'études conduites chez les mineurs ont permis d'établir clairement la relation entre le risque de décès par cancer du poumon et l'exposition cumulée au radon. Mais la question du risque pour les cancers extra-pulmonaires ou pour les maladies non cancéreuses se pose. De plus, si l'exposition au radon a été largement étudiée, les effets de l'exposition aux autres RI présents dans les mines sont moins connus.

La cohorte française des mineurs d'uranium a été mise en place en 1982 et les dernières analyses réalisées portaient sur la période de suivi de 1946 à 1999. Ces analyses confirmaient l'existence d'un excès de mortalité par cancer du poumon par rapport à la population générale, et montraient également un excès de mortalité par cancer du rein. Une association entre l'exposition cumulée au radon et une augmentation du risque de décès par cancer du poumon et par maladie cérébrovasculaire avait été mise en évidence. Une sous-cohorte – la sous-cohorte post-1955 – a été créée au sein de la cohorte totale pour n'inclure que les mineurs exposés à des niveaux de radon beaucoup moins élevés en raison de la mise en place de mesures de radioprotection en 1956 qui imposaient une ventilation forcée dans les mines. Elles ont, de plus, permis de mettre en place une mesure des expositions aux poussières d'uranium et rayonnements externes gamma. Une association significative entre l'exposition au radon et le risque de décès par cancer du poumon y était également retrouvée.

Une prolongation du suivi de la cohorte a été réalisée récemment, permettant ainsi d'enrichir la base de données et d'améliorer l'estimation des risques de mortalité liés aux RI. L'objectif de cette étude est de décrire la cohorte totale et la sous-cohorte post-1955 ainsi que de présenter l'analyse de mortalité sur la nouvelle période de suivi jusqu'en 2007 avec l'estimation des risques de décès associés aux expositions aux RI chez les mineurs d'uranium.

Méthodes:

La cohorte française des mineurs d'uranium inclut les hommes ayant travaillé en tant que mineur dans le groupe CEA-COGEMA pendant au moins un an entre 1946 et 1990. La période de suivi débute en 1946 et se termine fin 2007. Le statut vital a été recueilli auprès

du Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques et les causes de décès auprès du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès. Les informations administratives et les caractéristiques liées à l'emploi ont été recueillies auprès de l'entreprise. *La sous-cohorte post-1955* repose sur les mêmes critères d'inclusion, mais se restreint aux mineurs embauchés à partir de 1956.

L'exposition annuelle au radon et à ses descendants à vie courte a été estimée individuellement entre 1956 et 1982 à partir des mesures d'ambiance, du type d'emploi et du temps passé dans les mines. Une mesure individuelle a été réalisée à partir de 1983 au moyen d'un système individuel de dosimétrie intégrée (SIDI). Une estimation rétrospective réalisée par un groupe d'experts a permis de reconstituer l'exposition avant 1956. La mesure d'exposition au radon s'exprime en Working Level Month (WLM), définie comme étant le produit d'une concentration en énergie potentielle de particules alpha, s'exprimant en WL, et du temps d'exposition exprimé en nombre de mois de 170 heures de travail. *L'exposition annuelle aux poussières d'uranium* a été estimée à partir de 1959 à l'aide des mesures mensuelles d'ambiance et une mesure individuelle a été réalisée par le SIDI à partir de 1983. Une estimation rétrospective de l'exposition a été réalisée de 1956 à 1958. L'exposition aux poussières d'uranium s'exprime en Becquerels par mètre cube heure (Bq.m⁻³.h). *L'exposition annuelle aux rayonnements externes gamma* a été mesurée à l'aide d'un badge individuel par les mineurs entre 1956 et 1985. A partir de 1986, l'exposition a été enregistrée systématiquement par le SIDI. Elle s'exprime en milligrays.

Les analyses externes de mortalité se basent sur le calcul des ratios de mortalité standardisés (SMR) définis comme étant le rapport entre le nombre de décès observé et le nombre de décès attendu, ce dernier étant estimé à partir des taux spécifiques de mortalité de la population masculine française, considérée comme population de référence. Les intervalles de confiance à 95% (IC 95%) associés aux SMRs sont calculés avec l'approximation de Byar. La relation entre le risque de décès et l'exposition a été modélisée et estimée avec une régression de Poisson externe intégrant une structure en excès de risque relatif (ERR) linéaire. Les coefficients, exprimés par unité d'exposition, ont été estimés avec une approche par maximum de vraisemblance. Des intervalles de confiance par vraisemblance profil - à 95% - ont été calculés.

Résultats:

La cohorte totale inclut 5086 mineurs dont la durée moyenne de suivi est de 35,4 ans (min-max: 0,1-61,0), contribuant à un total de 179 955 personnes-années. Les mineurs ont travaillé en moyenne pendant 17,0 ans (1,0-43,0) pour une exposition cumulée moyenne au radon de 36,6 WLM (0,01-960,1) parmi les 81,3% de mineurs exposés.

A la fin de la période de suivi, 2924 mineurs étaient vivants et 40 (0,8%) perdus de vue. Aucune augmentation statistiquement significative (à un niveau 5%) de la mortalité toute cause (n=1935 décès) n'était mise en évidence par rapport à la population générale (SMR=1,01; IC95%: [0,96-1,05]). Néanmoins, la mortalité tout cancer (n=721) était significativement supérieure à celle attendue (SMR=1,12 [1,04-1,21]). Plus spécifiquement, un excès de mortalité statistiquement significatif était retrouvé pour le cancer du poumon (n=211) (SMR=1,34 [1,16-1,53]) ainsi que pour le cancer du rein (n=24) (SMR=1,60 [1,03-2,39]). L'excès de mortalité par maladie de l'appareil circulatoire (n=442) ne différait pas significativement de la population générale (SMR=0,93 [0,84-1,02]).

Les analyses exposition-risque confirmaient les excès de risque relatif statistiquement significatif associés à l'exposition au radon pour l'ensemble des cancers (ERR (%) par WLM = 0,18 [0,05-0,35]) et pour le cancer du poumon (ERR (%) par WLM = 0,89 [0,43-1,54]) observés avant l'extension du suivi. Aucune preuve d'association entre le risque de décès par cancer du rein et l'exposition au radon n'a été mise en évidence. Le risque de décès par maladie de l'appareil circulatoire associé au radon était à la limite de la significativité (ERR (%) par WLM = 0,13 [-0,01-0,33]), et était statistiquement significatif pour le sous-groupe des maladies cérébrovasculaires (ERR (%) par WLM = 0,43 [0,04-1,05]).

La sous-cohorte post-1955 inclut 3377 mineurs (soit 66,4% des effectifs de la cohorte totale) dont la durée moyenne de suivi est de 32,8 ans (min-max : 0,1-51,0), contribuant à un total de 110 548 personnes-années. Les mineurs ont travaillé en moyenne pendant 16,7 ans (1,0-40,9) pour une exposition cumulée moyenne au radon de 17,8 WLM (0,01-128,4) parmi les 86,2% de mineurs exposés. L'exposition cumulée moyenne aux poussières d'uranium était de 1,64 kBq.m⁻³.h (0,01-10,4) et aux rayonnements externes gamma de 54,9 mGy (0,20-470,1). A la fin de la période de suivi, 2412 mineurs étaient vivants et 20 (0,6%) étaient perdus de vue. Aucune augmentation statistiquement significative (à un niveau 5%) de la mortalité toute cause (n=851 décès) n'était mise en évidence par rapport à la population générale (SMR=0,96; IC95%:[0,90-1,03]), ce qui était également le cas de la mortalité pour tout cancer (n=315 décès) (SMR=1,01 [0,90-1,13]). L'excès de mortalité par cancer du poumon (n=94) était à la limite de la significativité (SMR=1,18 [0,96-1,45]) et l'excès de mortalité par cancer du rein (n=11) n'était plus statistiquement significatif (SMR=1,52 [0,76-2,71]). L'excès de mortalité par cancer du cerveau et du système nerveux central (n=17) était à la limite de la significativité statistique (SMR=1,71 [1,00-2,74]). Aucune différence statistiquement significative n'était mise en évidence entre la mortalité par maladie de l'appareil circulatoire (n=185) dans la sous-cohorte post-1955 et la population générale (SMR=0,90 [0,77-1,04]).

Les analyses exposition-risque montraient que le risque de décès par cancer du poumon restait significativement associé au radon (ERR (%) par WLM = 2,38 [0,90-4,92]), alors que le risque de décès pour tout cancer n'était plus significativement associé au radon (ERR (%) par WLM = 0,35 [-0,08-0,90]). Les expositions aux poussières d'uranium et aux rayonnements externes gamma étaient également significativement associées au risque de décès par cancer du poumon. Aucune preuve d'association n'a été mise en évidence entre l'exposition au radon et le risque de décès par cancer du rein ou encore le risque de décès par cancer du cerveau et système nerveux central. Aucune preuve d'association n'a été mise en évidence entre le risque de décès par maladie de l'appareil circulatoire et chacune des trois expositions. Le risque de décès par maladie cérébrovasculaire n'était plus significativement associé au radon (ERR (%) par WLM = 0,96 [-0,19-3,34]), mais était significativement associé aux rayonnements externes gamma (ERR (%) par mGy = 0,49 [0,01-1,61]).

Conclusions:

La cohorte des mineurs d'uranium se caractérise par une longue durée de suivi, une bonne qualité de suivi et une mesure individuelle pour les expositions annuelles aux rayonnements ionisants. L'étude de la sous-cohorte post-1955 permet de considérer les mineurs exposés à de plus faibles niveaux de radon que ceux observés dans la cohorte totale, mais également de considérer les expositions aux poussières d'uranium et rayonnements externes gamma. Les analyses montrent un excès de mortalité par cancer du poumon associé au radon à la fois dans la cohorte totale et la sous-cohorte. L'association observée entre le risque de décès par cancer du poumon avec l'exposition aux poussières d'uranium et rayonnements externes gamma doit néanmoins être interprétée avec précaution du fait de la corrélation existant entre les différentes expositions. L'augmentation du risque de décès par maladie cérébrovasculaire observée doit faire l'objet d'une analyse approfondie visant en particulier à prendre en compte des facteurs de risque des maladies de l'appareil circulatoire.