

FICHE N°3

L'exposition des personnes au radium et à ses descendants sur des sites pollués

Des activités variées utilisant du radium se sont développées en France sur différents sites dès le début du 20^{ème} siècle, entraînant une possibilité de pollution radioactive des locaux où ces activités ont été menées et, dans certains cas, de leur proche environnement (voir fiche IRSN n°1). Dans ces sites où ce radionucléide était mis en œuvre, des traces de radium et de ses descendants sont susceptibles d'être encore présentes dans certains locaux. C'est pour vérifier si une pollution radioactive imputable à ces activités anciennes est encore actuellement présente ou si, au contraire, le site peut être définitivement considéré comme exempt de toute pollution radioactive que l'IRSN est appelé à réaliser des diagnostics radiologiques sur ces sites (voir fiche IRSN n°2), à la demande des autorités de l'État.

L'objet de la présente fiche est de décrire les voies possibles de l'exposition des personnes sur les sites où une telle pollution par le radium a été mise en évidence, ainsi que les doses reçues correspondantes.

1. LES PRINCIPALES VOIES D'EXPOSITION A CONSIDERER

Le radium 226 n'est jamais seul et est toujours accompagné de ses descendants radioactifs (figure 1).

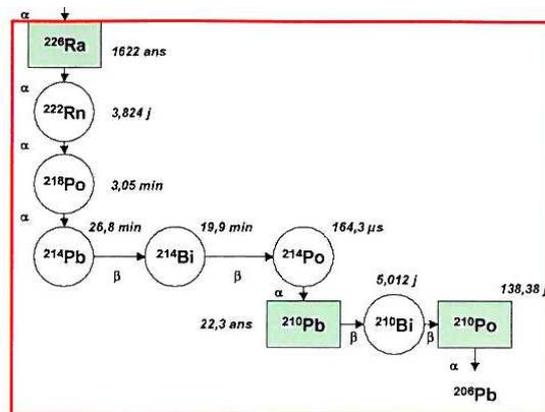


Figure 1 - Chaîne de désintégration du radium 226

Les traces de radium et ses descendants révélées à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments lors du diagnostic réalisé par l'IRSN peuvent être dues soit à une pollution superficielle, soit à une pollution plus en profondeur, dans les matériaux eux-mêmes (voir fiche IRSN n°2).

Les principales voies d'exposition à considérer, pour évaluer les doses reçues par les personnes qui occupent le site, sont les suivantes (figure 2) :

- l'exposition externe au rayonnement émis par les traces de radium (et ses descendants) présent dans les matériaux ;
- l'exposition interne par inhalation du radon contenu dans l'air dans des lieux confinés ;
- l'exposition interne par inhalation ou ingestion de radium et de ses descendants.



Figure 2 - les différents modes d'exposition au radium et à ses descendants

A partir des données disponibles et en se fondant sur la connaissance de situations ayant déjà fait l'objet d'investigations, il est possible de définir des scénarii types d'exposition et d'évaluer les doses reçues correspondantes.

Les doses reçues dépendent d'une part des caractéristiques radiologiques de la contamination des lieux (endroits précis où se trouvent les radionucléides et leur niveau d'activité), d'autre part du temps d'occupation (ou fréquentation) ainsi que du mode de vie des occupants.

Ces doses s'ajoutent à celles reçues, à des niveaux variables, du fait des sources naturelles de rayonnements auxquelles tout individu est inévitablement exposé.

2. LES SCENARII D'EXPOSITION

2.1. Exposition externe

L'**exposition externe (irradiation)** est due aux rayonnements X, gamma et bêta émis par le radium et les descendants radioactifs issus de sa désintégration¹ : cette exposition se produit à distance des radionucléides et dure aussi longtemps que l'occupant est présent sur les lieux où se trouve ces radionucléides. La dose reçue par exposition externe dépend du débit de dose ambiant aux différents endroits où a séjourné l'occupant des lieux et des temps passés correspondants. Le débit de dose diminue lorsqu'on s'éloigne de la source de radium : à titre indicatif, à 30 cm d'une source ponctuelle de 20 000 Bq de radium en équilibre radioactif avec ses descendants, le débit de dose est d'environ 0,060 $\mu\text{Sv/h}$ (ce qui conduit à doubler à cet endroit le débit de dose du bruit de fond naturel ambiant). Il est 10 fois plus faible à 1 mètre de cette source. Le débit de dose diminue également lorsqu'un écran est interposé : par exemple, un mur de 11,5 cm de béton ordinaire permet de réduire le débit de dose d'un facteur 2.

Les données acquises par l'IRSN lors d'investigations sur des sites où une pollution par le radium dues aux activités anciennes est encore observable montrent que le débit de dose ambiant peut varier localement entre le bruit de fond naturel et environ 0,5 $\mu\text{Sv/h}$, avec des valeurs pouvant atteindre ou dépasser 1 $\mu\text{Sv/h}$ très

¹ En près de 80 ans (durée écoulée entre la fin de l'exploitation de l'activité industrielle du radium), la chaîne radioactive du radium 226 a presque atteint son équilibre radioactif séculaire, c'est-à-dire que les descendants du radium ont en théorie la même activité que leur père. Cependant, la volatilité du gaz rare radon 222, premier descendant du radium 226, est à l'origine d'un déséquilibre radioactif entre ce dernier et ses descendants : les activités de ceux-ci sont alors généralement inférieures d'un facteur 2 environ par rapport au radium.

ponctuellement². Il est en moyenne rarement supérieur à 0,3 µSv/h, soit approximativement 4 à 5 fois le bruit de fond naturel. En fonction du lieu et de son usage, la dose efficace cumulée par les occupants en une année est susceptible de s'échelonner entre quelques centièmes et quelques dixièmes de mSv et, exceptionnellement, d'atteindre 1 à 2 mSv.

2.2. Exposition interne au radium

Un individu qui incorpore une substance radioactive est soumis à une exposition interne. Contrairement à l'exposition externe qui cesse dès que l'occupant quitte le lieu contaminé, l'exposition qui résulte d'une contamination interne perdure, et ceci même après avoir quitté le lieu où s'est produite l'incorporation. Le radium est un élément transférable dans le corps humain selon les mêmes voies métaboliques que le calcium : le site principal de son dépôt et de sa rétention dans l'organisme est l'os. La période biologique³ du radium dans l'organisme entier est de 900 jours environ et dans les os de 5,5 ans.

2.2.1. Inhalation

L'inhalation de particules de radium (et de ses descendants, hormis le radon traité plus bas) est la première voie possible d'exposition interne. Elle peut se produire à la suite d'une remise en suspension dans l'air des particules de radium (et ses descendants), par exemple sous l'action d'un courant d'air ou de vibrations mécaniques, lorsque les radionucléides ne sont pas complètement fixés dans les matériaux des bâtiments ou dans le sol extérieur où ils se trouvent. Si la pollution est présente depuis de nombreuses années, elle est vraisemblablement bien fixée sur ou dans les matériaux et le sol ; la probabilité de sa remise en suspension dans l'air et donc le risque d'exposition à des poussières radioactives sont alors faibles.

Les calculs réalisés par l'IRSN lors d'investigations sur des sites pollués montrent que l'exposition interne par inhalation conduit à des doses efficaces pour les occupants de maisons ou d'immeubles en général de l'ordre de quelques µSv par an et au maximum de 10 à 20 µSv par an.

2.2.2. Ingestion

La deuxième voie possible d'exposition interne est l'ingestion de particules de radium. Cette situation peut se présenter lorsque des aliments contaminés par du radium sont consommés. En pratique, seuls les produits cultivés dans des sols contaminés peuvent poser un réel problème.

Les doses efficaces dues à l'ingestion de produits contaminés par du radium sont généralement inférieures à quelques centièmes de mSv par an et exceptionnellement supérieures à quelques dixièmes de mSv par an. Dans l'hypothèse où une personne consomme de grandes quantités de produits cultivés dans des terrains présentant une pollution au radium importante, des valeurs dépassant 1 mSv par an pourraient être atteintes.

Une incorporation de radium peut aussi arriver de manière ponctuelle, en particulier si une personne ingère par inadvertance de la terre contaminée ou porte ses doigts à la bouche alors que ceux-ci ont été contaminés par du radium, par exemple en frottant la main sur une surface ou un matériau contenant du radium non fortement fixée sur son support. La probabilité d'une telle incorporation, et plus encore les quantités de radium ingérées dans ces circonstances, restent cependant très limitées. Les doses associées à de telles situations ne devraient pas dépasser pas quelques µSv par an au maximum.

² A noter que des valeurs encore plus élevées peuvent être observées au contact de certaines taches de radium plus actives, mais les débits diminuent très rapidement en s'éloignant de ces taches.

³ La période biologique, indépendante de la période radioactive, représente le temps au bout duquel la moitié de la substance qui a pénétré dans l'organisme est éliminée à l'extérieur dans les urines, les selles, la sueur.

2.3. Exposition au radon

Le radon 222 est un gaz radioactif produit par la désintégration du radium 226 (figure 1). Il est présent naturellement dans notre environnement, en quantité variable selon la teneur des sols en radium. Une fois formé, il diffuse hors de son lieu de production et se disperse dans l'atmosphère où il peut être inhalé. Dans l'habitat en France, l'activité volumique de l'air varie selon les lieux entre environ 10 Bq/m³ et plus de 1000 Bq/m³. Elle est égale à 63 Bq/m³ en moyenne.

Le radium présent sur un site pollué peut conduire à augmenter la concentration en radon dans certaines pièces, au-dessus du bruit de fond naturel. Les concentrations de radon dans l'air de ces pièces sont d'autant plus élevées que les espaces sont clos et peu ou mal ventilés, et que la quantité de radium présent dans ces pièces (ou dans leur voisinage) est importante (figure 3).

L'activité volumique de radon mesurée dans des pièces de maisons situées sur des terrains présentant une pollution importante de radium peut atteindre ou dépasser quelques milliers de Bq/m³, typiquement en sous-sol et dans des pièces mal ventilées. Ces situations restent cependant exceptionnelles (bâtiments construits sur des déchets contenant du radium par exemple), l'augmentation de l'activité volumique de radon normalement attendue étant plutôt de quelques dizaines de Bq/m³ au-dessus du bruit de fond.

Comme pour l'exposition externe, l'occupant des lieux est exposé au radon aussi longtemps qu'il est présent et son exposition cesse dès qu'il quitte les lieux.

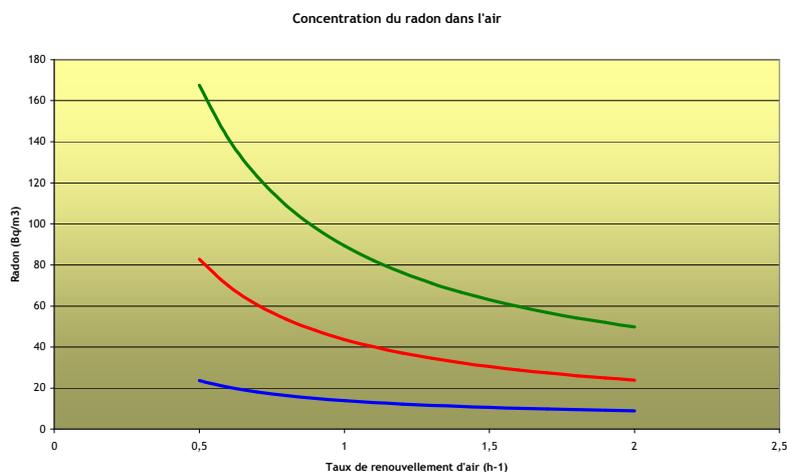


Figure 3 - Evolution type de la concentration du radon dans l'air dans une pièce en fonction du taux de renouvellement de l'air dans cette pièce, pour différents niveaux d'activité de radium dans la pièce (chaque courbe correspond à un niveau de contamination en radium donné)

2.4. Synthèse et mise en perspective des expositions

L'exposition des personnes occupant un lieu pollué par du radium peut se produire concomitamment par plusieurs voies : l'exposition externe due au rayonnement émis par le radium et ses descendants, l'exposition interne résultant d'une inhalation et d'une ingestion de particules de radium et de ses descendants, enfin l'exposition interne due à l'inhalation de radon.

Les données issues d'investigations menées par l'IRSN sur de tels sites permettent d'estimer les doses qui résultent de chacune de ces différentes voies d'exposition et de les hiérarchiser. En dehors de situations exceptionnelles où l'activité volumique de radon peut être fortement augmentée (cas de bâtiments construits sur des déchets contenant du radium), c'est l'exposition externe due au rayonnement gamma émis par le radium et ses descendants qui constitue la principale source contribuant à la dose apportée par la pollution. L'incorporation de radium et de ses descendants par ingestion apporte une contribution le plus souvent peu significative. Enfin, l'inhalation de particules du sol remises en suspension conduit à des doses négligeables.

En conclusion, la dose efficace due à l'ensemble des voies d'exposition, hormis l'inhalation de radon (qui en moyenne expose chaque français à environ 1,4 mSv par an), a peu de chance de dépasser 1 mSv par an, sauf dans des situations exceptionnelles. Les doses annuelles attendues, soit quelques fractions de mSv, restent faibles et peuvent être comparées à la dose de 2,4 mSv que reçoit en moyenne chaque français du fait de l'exposition à l'ensemble des sources naturelles de rayonnements (figure 4).

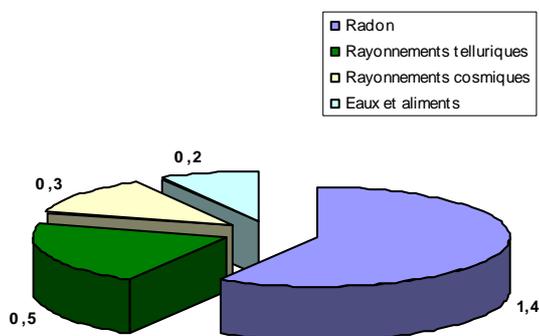


Figure 4 - Exposition moyenne (mSv par an) de la population française aux sources naturelles de rayonnements ionisants. La dose annuelle totale est estimée à 2,4 mSv.

Niveaux d'exposition

