

FICHE N°5

Les effets sanitaires liés à une exposition aux rayonnements ionisants

Les personnes occupant ou fréquentant des sites pollués par du radium et ses descendants peuvent être soumises à une exposition aux rayonnements ionisants selon plusieurs voies : l'exposition externe due au rayonnement émis par le radium et ses descendants, dans une moindre mesure l'exposition interne résultant d'une inhalation ou d'une ingestion de particules de ces mêmes éléments et, le cas échéant, l'exposition interne due à l'inhalation de radon (voir fiche IRSN n° 3).

Les effets sur la santé de l'homme observés après exposition au radium ne sont connus que pour des niveaux d'exposition très élevés et après ingestion (peintres de cadrans lumineux humectant avec leurs lèvres les pinceaux) ou injection intraveineuse dans le cas de traitement médical. Dans ces situations de contamination importante (activité incorporée > plusieurs millions de becquerels), l'effet biologique principalement observé est le développement de cancers de l'os de type sarcome¹. D'autres types de cancers ainsi que des troubles hématologiques (diminution des taux de cellules sanguines) ont également été observés, toujours pour des contaminations très fortes. Ces situations sont sans rapport avec celles pouvant être rencontrées dans le cas des sites pollués.

La présente fiche décrit les effets sanitaires potentiels pour des personnes occupant ou fréquentant ces sites, au regard des faibles niveaux d'exposition au radium et au radon, et en tenant compte de l'étalement de cette exposition dans le temps.

1. LES EFFETS A LONG TERME D'UNE EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

1.1. Le risque de cancer

De nombreuses données épidémiologiques permettent aujourd'hui d'établir que l'exposition aux rayonnements ionisants peut entraîner un excès de leucémies ou de tumeurs solides au niveau de plusieurs organes. En effet, les rayonnements ionisants peuvent interagir avec les structures biologiques et en particulier causer des dommages au niveau de l'ADN cellulaire. Ces dommages biologiques, s'ils sont mal réparés, peuvent altérer le fonctionnement normal des cellules et conduire au développement de cancers.

- Exposition externe

Les données disponibles issues des principales études épidémiologiques, notamment celle des victimes ayant survécu aux bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, montrent que le risque de développer un cancer après exposition externe à faible dose peut être considéré comme proportionnel à la dose reçue. Dans l'état actuel des connaissances scientifiques, il n'est pas possible d'exclure que ce risque existe y compris pour de très faibles doses de rayonnement. C'est cette relation

¹ Tumeur maligne se développant à partir d'un tissu conjonctif

prudente, dite linéaire sans seuil, entre le risque et la dose reçue qui est aujourd'hui admise en radioprotection.

Le tableau 1 présente les estimations de risque les plus récentes établies pour des expositions aiguës, c'est-à-dire subies sur de courtes durées, par le Comité Scientifique des Nations Unies pour l'Etude des Effets des Rayonnements Ionisants (UNSCEAR²).

Tableau 1 - Risque moyen de mortalité par cancer et par leucémie (moyennes des deux sexes)

(D'après l'UNSCEAR, 2006)

Exposition aiguë (Sv)	Tous cancers solides (% par Sv)	Leucémie (% par Sv)
0,1	2,3 - 5,4	0,2 - 0,7
1	4,6 - 7,1	1,1 - 1,5

Des études récentes portant sur des populations de travailleurs (travailleurs de l'industrie nucléaire) et du public (populations de l'ex-Union Soviétique vivant sur des territoires fortement contaminés dans le passé par les rejets d'installations nucléaires, le long de la rivière Tetcha ou encore dans la région de l'usine Mayak) exposées de manière chronique ou fractionnée à de faibles niveaux³ fournissent des résultats compatibles avec les estimations ci-dessus fondées sur une exposition aiguë.

- **Exposition interne**

Le risque d'effets sur la santé de l'homme lié à une contamination de faible niveau peut être évalué selon une approche dosimétrique. L'indicateur de risque défini par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) est la dose efficace⁴. Le calcul de la dose efficace comporte plusieurs étapes : la modélisation biocinétique du comportement de l'élément radioactif dans l'organisme (c'est-à-dire ici la manière dont le radium se distribue dans les différents tissus et organes et est éliminé de l'organisme), le calcul de la dose de rayonnement absorbée dans les tissus de rétention (l'os, le foie...), la pondération de cette dose absorbée par un coefficient prenant en compte les propriétés physiques et biologiques du radionucléide, enfin la pondération par un coefficient prenant en compte la probabilité et la gravité des effets induits dans chacun de ces tissus.

Connaissant la dose efficace liée à l'exposition interne, l'excès de risque de cancer escompté peut être comparé à celui naturellement observé dans la population française.

Le tableau 1 permet, à titre indicatif, d'estimer l'excès de risque de cancer mortel induit par une dose de 10 mSv (qu'elle soit liée à une exposition externe ou interne). Selon ces estimations, il se situe entre

² Les effets des rayonnements ionisants. UNSCEAR 2006 : Rapport à l'Assemblée Générale des Nations-Unies avec ses annexes scientifiques. Volume 1 (www.unscear.org)

³ L'UNSCEAR qualifie les doses de rayonnement inférieures à 100 mSv de 'faibles doses' et celles inférieures à 10 mSv de 'très faibles doses'

⁴ La dose efficace s'exprime en sievert (Sv).

0,02% et 0,05%. Cet excès de risque est extrêmement faible et non significatif si on le compare au risque cumulé de mortalité par cancer, estimé à 33% chez l'homme et 24% chez la femme dans la population française en 2006⁵.

1.2. Les effets héréditaires

Les effets héréditaires (ou encore génétiques) sont les lésions provoquées dans les cellules germinales viables (spermatozoïdes et ovules), et susceptibles de provoquer des anomalies dans la descendance des sujets étudiés.

Contrairement aux connaissances acquises concernant le risque de cancer radio-induit, les études épidémiologiques chez les populations humaines n'ont pas apporté la preuve absolue d'un excès de risque héréditaire pour les nouveau-nés de parents exposés. Les données obtenues expérimentalement chez l'animal et sur les plantes montrent cependant que ce risque ne peut pas être complètement exclu. Aussi, des estimations du risque d'effets héréditaires ont-elles été effectuées par différents organismes. Le tableau 2 donne les estimations les plus récentes de l'UNSCEAR (2006).

Tableau 2 - Risque de maladies héréditaires dans la première génération pour des faibles niveaux d'exposition

(D'après l'UNSCEAR, 2006)

	Incidence spontanée (Taux de base par million de naissances)	Risque par Sv et par million de naissances dans la 1 ^{ère} génération
Anomalies génétiquement dominantes	16 500 650 000	750 - 1500 250 - 1200
Maladies multifactorielles chroniques	60 000	2000
Anomalies congénitales		

A titre d'exemple, selon ces estimations, le risque d'observer des anomalies génétiquement dominantes, y compris celles portant sur des chromosomes X, chez 1 million de descendants de parents exposés à 10 mSv, est compris entre 7 et 15 individus, ce qui représente moins de 1 millième du taux spontané.

L'augmentation du risque d'effets héréditaires estimée pour des descendants de personnes exposées à une fraction de millisievert est donc totalement négligeable.

⁵ Evolution de la mortalité par cancer en France de 1950 à 2006 - Institut de Veille Sanitaire

1.3. Les expositions in-utero

Les principaux effets potentiels chez l'enfant à naître, suite à une exposition aux rayonnements ionisants, sont d'une part des malformations et des retards mentaux, d'autre part l'induction de cancer à long terme.

Les effets malformatifs et les retards mentaux (effets dits tératogènes) sont de type déterministe, c'est-à-dire à seuils d'apparition, qui dépendent du moment de l'exposition par rapport à celui de la conception et de la dose absorbée par le fœtus⁶. Il est aujourd'hui admis que, quel que soit le moment de la grossesse où a eu lieu l'irradiation, le risque d'effets tératogènes est négligeable pour une dose inférieure ou égale à 100 mSv et ne justifie une intervention de grossesse qu'à partir de 200 mSv⁷.

Le risque à long terme est celui de l'induction de cancer solide et de leucémie. Un excès de risque de cancer chez l'enfant associé à des doses de rayons X de quelques dizaines de mGy⁸ a été observé dans une étude épidémiologique anglaise concernant des examens pelvimétriques réalisés en cours de grossesse. Cependant, les observations tirées de cette étude restent controversées et n'ont pas été reproduites dans d'autres études. Les coefficients de risque de cancer obtenus sont plus élevés que ceux établis dans le cas d'une exposition après la naissance (tableau 1), mais ceux-ci restent entachés d'une large incertitude.

Enfin, les études épidémiologiques ne suggèrent pas qu'une irradiation survenant avant conception entraîne une augmentation du risque de leucémie chez l'enfant.

1.4. Les maladies non cancéreuses

D'autres maladies que le cancer ont été étudiées chez les populations ayant été exposées aux rayonnements ionisants. En particulier, le risque de maladies cardiovasculaires a fait l'objet d'investigations dans le cadre des études épidémiologiques sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki. En l'état actuel des connaissances acquises, rien ne permet de conclure à l'existence d'une relation causale directe entre l'irradiation à des doses inférieures à environ 1 - 2 Sv et un excès de maladies cardiovasculaires ou encore d'autres maladies non-cancéreuses. S'il n'est à ce jour pas possible d'estimer la forme de cette relation dose-effet aux faibles doses pour ce type de maladies, en tout état de cause, pour des doses de l'ordre ou inférieure à quelques mSv, ce risque est certainement extrêmement faible. Des recherches se poursuivent sur ce sujet.

⁶http://www.irsn.fr/FR/professionnels_sante/radiopro_travailleurs/Page_s/rad_travailleurs_grossesse.aspx

⁷ Commission Internationale de Protection Radiologique. Publication 84, 1999 ; CIPR - Vos patients et les rayons, un guide pour les médecins praticiens, Editions TEC & DOC Lavoisier 2004, Collection lignes directrices IRSN.

⁸ Le mGy est l'unité de la dose absorbée. Dans le cas présent, on peut considérer que 1 mGy est équivalent à 1 mSv

2. LE RADON

2.1 *Le risque de cancer pulmonaire*

Chacun de nous est exposé dans sa vie de tous les jours au radon, un gaz radioactif produit par la désintégration du radium (voir fiche IRSN n° 3) et présent partout dans l'atmosphère⁹.

Le radon (avec ses descendants à vie courte) a été déclaré cancérigène pulmonaire certain pour l'homme par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1998, sur la base d'un grand nombre d'études menées sur l'animal et de plusieurs études épidémiologiques sur des mineurs d'uranium. Durant les dix dernières années, la connaissance des risques chez les mineurs, pour de faibles doses cumulées sur dix à vingt années d'exposition, s'est affinée. Les études ont également permis de mieux connaître l'influence des principaux paramètres d'exposition (le débit de dose, l'âge au moment de l'exposition, le temps écoulé depuis la fin de l'exposition...) ainsi que l'interaction avec le tabac.

Parallèlement, une vingtaine d'études épidémiologiques de type cas-témoins¹⁰ concernant le radon dans l'habitat ont été menées sur les populations en Europe, en Amérique du Nord et en Chine. Une analyse conjointe des résultats de ces études a permis d'avoir une connaissance du risque lié au radon dans l'habitat plus directe que celle extrapolée jusqu'alors des études sur les mineurs d'uranium. Les résultats de cette analyse sont, d'une part une augmentation du risque, faible mais perceptible, du cancer pulmonaire lié au radon dans l'habitat, ceci à des niveaux de concentration relativement faibles (proches de 200 Bq/m³) si les personnes ont séjourné pendant environ 30 ans et d'autre part, le fait que ce risque augmente avec l'exposition.

L'augmentation du risque est proportionnelle à l'exposition et indépendante des antécédents de tabagisme des sujets. Cependant, puisque le cancer du poumon est beaucoup plus fréquent chez les fumeurs que chez les non-fumeurs, le radon représente *in fine* un risque absolu beaucoup plus important pour les fumeurs (et les ex-fumeurs récents) que pour les non-fumeurs. Ainsi, les fumeurs comptent pour environ 90% du risque moyen dans la population lié au radon dans l'habitat.

2.2 *D'autres risques liés au radon ?*

Le radon (plus exactement ses descendants à vie courte) délivre l'essentiel de la dose au poumon et il est reconnu comme cancérogène pulmonaire. Les doses délivrées aux autres organes sont beaucoup plus faibles. Certaines études sur les mineurs d'uranium suggèrent un risque de leucémie. De même une étude récente sur les populations du Danemark indique un risque possible de leucémie chez l'enfant en rapport avec le radon dans l'habitat. Mais ces études demandent à être confirmées avant de pouvoir tirer des conclusions définitives. Il est à noter qu'en France, des études sur les leucémies en rapport avec la radioactivité naturelle sont actuellement en cours dans le cadre d'une collaboration entre l'INSERM et l'IRSN.

⁹ Voir aussi la fiche « Que faut-il savoir du radon ? » (www.irsn.fr)

¹⁰ Etude d'observation rétrospective dans laquelle les caractéristiques (ici l'exposition au radon) des personnes ayant un cancer du poumon (les cas) sont comparées à celles de sujets indemnes de la maladie (les témoins)