

Radon et cancer

Le radon est un gaz radioactif naturel issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre, en particulier dans les roches granitiques et volcaniques. Lorsque le radon présent dans le sol est libéré dans l'atmosphère, il se mélange à l'air, produisant des concentrations trop faibles pour être préoccupantes. En revanche, lorsque le radon s'infiltré dans un espace clos tel une maison ou un sous-sol, il peut s'accumuler à des concentrations élevées susceptibles de poser un risque pour la santé. Peu connu des Français, le radon est pourtant le second facteur de risque du cancer du poumon. En 1987, il a été reconnu cancérigène pulmonaire pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) [1]. L'exposition au radon est certes associée à un risque faible de survenue du cancer du poumon par rapport au tabagisme, mais **il peut être évité par des actions de prévention simples à réaliser. C'est dans ce cadre que certains plans de santé (PNSE, Plan cancer, etc.) encadrés par les pouvoirs publics ont intégré la problématique liée au radon dans l'habitat.**

1. CE QUE L'ON SAIT

1.1- Définition et mode d'action

Le radon est un gaz naturel inerte et radioactif, dépourvu d'odeur, de couleur ou de goût. Il est issu de la désintégration radioactive naturelle de l'uranium-238, que l'on trouve dans les roches et dans les sols. On peut également trouver du radon dans l'eau, mais au contact de l'air, un phénomène de dégazage se produit [2]. Le radon pénètre donc dans l'organisme principalement avec l'air inhalé et plus rarement avec l'eau des boissons. Toutefois, des études épidémiologiques n'ont pas permis jusqu'à présent d'établir un lien entre le radon dans l'eau de boisson et les risques de cancers [3].

Les atomes de radon et de ses descendants radioactifs se désintègrent en particules radioactives (particules alpha) capables d'irradier les tissus comme les bronches ou les poumons. Ces particules peuvent provoquer des mutations des gènes si elles parviennent jusqu'au noyau des cellules. En outre, les particules émises par le radon peuvent aussi

se fixer aux poussières contenues dans l'air que l'on respire et rester donc plus longtemps dans les voies respiratoires. Ces deux mécanismes d'exposition se cumulent et expliquent que l'on peut observer des cancers du poumon très longtemps après le début d'une irradiation.

1.2- Le radon est cancérigène certain pour l'homme

● Le cancer du poumon

Le radon a été classé cancérigène pulmonaire certain pour l'homme par le CIRC en 1987 sur la base des résultats des études expérimentales sur l'animal et des études épidémiologiques en milieu professionnel (mineurs d'uranium) [4]. Le rapport United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) paru en 2009 a confirmé la solidité méthodologique des nouvelles études épidémiologiques pour évaluer les risques d'exposition au radon au domicile [5].

Les études sur les mineurs et sur la population générale ont montré un lien certain entre l'exposition cumulée au radon et le cancer du poumon. D'après l'expertise collective de l'Inserm-Afsset de 2008 et selon les modèles utilisés, entre 2,2 % et 12,4 % des cancers du poumon chez les fumeurs et les non-fumeurs survenant par an en France pourraient être attribuables au radon domestique [6].

Ces résultats montrent que l'exposition au radon constitue un des facteurs de risque majeurs en santé environnementale. Il vient en seconde position comme facteur de risque de cancer du poumon en France (loin derrière le tabac). Le risque de cancer du poumon augmente avec la concentration de radon dans l'air que l'on respire et avec la durée d'exposition.

D'autre part, des modélisations établies à partir des données de mortalité et en tenant compte des connaissances acquises sur la relation dose-effet du radon, ont permis d'estimer que 1 234 à 2 913 décès par cancer du poumon seraient attribuables chaque année à l'exposition domestique au radon, soit entre 5 % et 12 % des décès par cancer du poumon en France [7].

Les études menées en population générale et publiées durant les dernières années confirment l'augmentation d'un risque de cancer du poumon pour des concentrations en radon dans l'habitat relativement faibles. Le risque de cancer du poumon sur la vie entière augmente linéairement avec l'exposition au radon d'environ 16 % par 100 Bq/m³ [8].

Une relation dose-effet a été démontrée également sur une population de non-fumeurs [9].

● Autres risques de cancers

Les études sur les mineurs d'uranium n'ont pas montré d'augmentation de risque en fonction de l'exposition cumulée au radon pour des cancers autres que le cancer du poumon [10]. Depuis les années 1990, plusieurs auteurs ont estimé qu'une partie de la dose d'irradiation due à l'inhalation de radon peut être délivrée au niveau de la moelle osseuse hématopoïétique.

Les études effectuées chez les mineurs ne permettent pas de démontrer l'existence d'un risque de leucémie associé à l'inhalation de radon [11].

L'association entre la concentration de radon dans l'habitat et le risque de leucémie est régulièrement retrouvée dans les études écologiques en population générale, y compris en France [12]. Toutefois, ce type d'étude présente des biais méthodologiques qui ne permettent pas de conclure à une relation causale entre exposition au radon et leucémie. En effet, les études cas-témoins chez les enfants ne suggèrent pas l'existence d'une relation entre risque de leucémie et exposition cumulée au radon et il n'existe pas d'argument pour affirmer la causalité de cette relation [13]. À ce jour, seule une étude cas-témoins au Danemark a montré une association entre l'exposition au radon domestique et le risque de développer une leucémie aiguë lymphoblastique (LAL) chez l'enfant selon le niveau d'exposition avec un OR à 1,21 (IC 95 % [0,98 à 1,49]) pour des niveaux d'exposition de 0,26 à 0,89 x 10³ Bq/m³ par an et un OR à 1,63 (IC 95 % [1,05 à 2,53]) pour des expositions supérieures à 0,89 x 10³ Bq/m³ par an, en comparaison à des expositions inférieures à 0,26 x 10³ Bq/m³ par an. L'analyse par dose-réponse suggère une augmentation de 56 % du risque de LAL par 10³ Bq/m³ par an [14].

Au total à ce jour, l'implication du radon dans la survenue d'autres cancers que ceux du poumon n'est pas démontrée.

1.3- Niveau d'exposition et risque de cancer

D'abord mis en évidence chez les mineurs d'uranium, le risque de cancer du poumon suite à une exposition au radon est aujourd'hui également reconnu dans la population générale.

L'unité d'exposition utilisée en milieu professionnel est souvent le Working Level Months¹ (WLM) alors que pour l'habitat le risque est exprimé en fonction d'une concentration moyenne (pondérée sur une durée d'exposition de 25 à 30 ans) en Becquerels par m³ (Bq/m³).

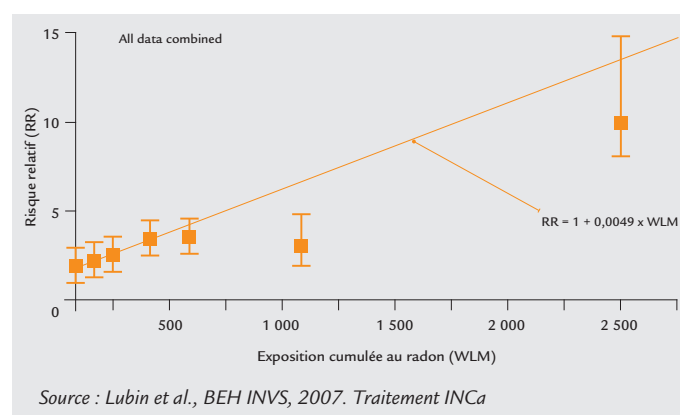
● Exposition professionnelle

Une analyse conjointe de 11 cohortes de mineurs coordonnée par le National Cancer Institute aux États-Unis a permis de montrer une augmentation significative du risque de décès par cancer du poumon avec l'exposition cumulée au radon [15].

Cette étude a confirmé l'existence d'une relation linéaire entre risque et exposition. L'excès de risque relatif est de 0,49 % par unité d'exposition (WLM) avec IC 95 % [0,2 à 1]. Cet excès de risque diminue en fonction de l'âge atteint et du temps écoulé depuis la fin de l'exposition. Le risque associé à l'exposition diminue d'un facteur 2 par décennie, et revient très proche du risque des non-exposés 30 ans après la fin de l'exposition. D'après une autre étude sur les mineurs des mines d'uranium, le délai de latence moyen serait de l'ordre de 19 à 25 ans [16].

Les données récentes, publiées dans le cadre du programme européen, Alpha-risk, coordonné par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ont permis de confirmer cette relation, y compris à de faibles niveaux d'exposition [17].

FIGURE N°1 : RELATION ENTRE LE RISQUE DE DÉCÈS PAR CANCER DU POUMON ET L'EXPOSITION CUMULÉE AU RADON CHEZ LES MINEURS D'URANIUM



● Exposition domestique au radon

Dans le cadre d'un vaste programme européen, une étude cas-témoins a été menée dans quatre régions françaises : Auvergne, Bretagne, Languedoc-Roussillon et Limousin. Quatre-cent-quatre-vingt-six cas de cancer du poumon et 984 témoins ont été inclus dans l'étude. Après ajustement sur l'âge, le sexe, la région, le tabagisme actif et les expositions professionnelles, le risque de cancer du poumon est de 1,04 (IC 95 % [0,99 à 1,11]) pour une augmentation de l'exposition au radon de 100 Bq/m³ au cours de la période considérée. Ce résultat indique une augmentation certes très faible du risque de cancer du poumon par unité d'exposition, mais une tendance positive en fonction de l'exposition domestique au radon [18].

Parallèlement à la conduite de cette étude en France, une étude épidémiologique européenne a été mise en place (incluant 7 148 individus atteints d'un cancer du poumon et 14 208 témoins).

Les résultats montrent que le risque de cancer du poumon augmente de 8,4 % (IC 95 % [3,0 à 15,8]) par accroissement de 100 Bq/m³. Cela correspond, après correction des incertitudes liées aux mesures des concentrations en radon, à une augmentation de 16 % par accroissement de 100 Bq/m³ de radon domestique [9].

La relation dose/effet décrite est une relation linéaire entre l'exposition moyenne (pondérée sur les 30 années précédant le diagnostic) et le risque relatif de cancer du poumon.

Si on considère le risque absolu de cancer du poumon à l'âge de 75 ans pour différentes concentrations de radon dans l'habitat de 0, 100 et 400 Bq/m³, ce risque calculé se situe respectivement à environ 0,4 %, 0,5 % et 0,7 % pour une personne n'ayant jamais fumé, et est près de 25 fois supérieur (10 %, 12% et 16 %) pour un fumeur de cigarettes.

1. 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⁻³

TABLEAU N° 1: RISQUE RELATIF DE CANCER DU POUMON EN FONCTION DE LA CONCENTRATION EN RADON (BQ/M³) DANS LES HABITATIONS AU COURS DES 5-34 DERNIÈRES ANNÉES

Plage des valeurs mesurées	Moyenne (Bq/m³)		N° de cancers du poumon cas/témoins	Risque relatif (IC 95 %)
	Valeurs mesurées	Valeurs habituelles estimées		
<25	17	21	566/1474	1,00 (0,87 à 1,15)
25-49	39	42	1999/3905	1,06 (0,98 à 1,15)
50-99	71	69	2618/5033	1,03 (0,96 à 1,10)
100-199	136	119	1296/2247	1,20 (1,08 à 1,32)
200-399	273	236	434/936	1,18 (0,99 à 1,42)
400-799	542	433	169/498	1,43 (1,06 à 1,92)
≥800	1204	678	66/115	2,02 (1,24 à 3,31)
Total	104/97 ²	90/86 ²	7148/14208	...

Source : Darby et al., BEH, INVS 2007. Traitement INCa

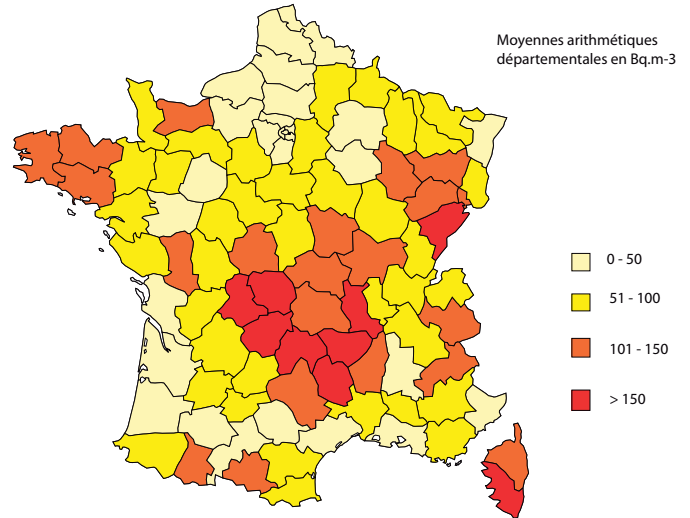
1.4- Des zones à risques d'exposition au radon bien ciblées en France

La principale source de radon dans l'habitat provient d'exhalation des terrains sous-jacents et/ou formations rocheuses souterraines. Les concentrations élevées sont généralement associées aux roches granitiques, à certaines roches volcaniques, et à certains schistes. En conséquence, le centre de la France, la Bretagne, les Vosges, les Alpes ou la Corse sont plus particulièrement exposés. Bien que très disparates d'une habitation à une autre, les campagnes de mesures du radon conduites par l'IRSN ont permis d'estimer le niveau moyen annuel de radon dans l'habitat en France. Il se situe à 65 Bq/m³ avec une exposition moyenne annuelle des Français à une dose de radioactivité de 1,5 mSv. Selon les estimations de l'IRSN, 6,5 % des habitats français présenteraient des niveaux de radon compris entre 200 et 400 Bq/m³ et 2 % des niveaux de radon supérieurs à 400 Bq/m³.

La concentration en radon par habitant a été réalisée par découpage en zones de 6 à 7 km de côté. Pour chacune des zones, des mesures ont été réalisées à l'aide des dosimètres dans la commune la plus peuplée. Dans la réglementation actuelle, tous les départements présentant une valeur moyenne supérieure à 100 Bq/m³ sont considérés comme prioritaires. Sur la base de la cartographie du potentiel radon des sols réalisée par l'IRSN, une mise à jour des zones prioritaires est

à l'étude. Ces nouvelles données permettraient de cibler les zones prioritaires à l'échelle de la commune et non plus du département.

FIGURE 2 : CONCENTRATION EN RADON PAR DÉPARTEMENT



Source : Bilan de 1982 à 2000, campagne nationale de mesure de la radioactivité naturelle dans les départements français (France métropolitaine)³ - IPSN /DPHD-SEGR-LEADS : Bilan du 01 Janvier 2000. Traitement INCa

1.5 - Les fumeurs, principales victimes des risques liés à l'exposition au radon

Le principal facteur de risque du cancer du poumon est le tabagisme actif⁴ ce qui rend essentielle la quantification de l'interaction tabac-radon sur le risque de décès par cancer du poumon.

Si l'on considère le nombre absolu de cas de cancers du poumon associés au radon, on observe qu'une grande part du risque est concentrée chez les fumeurs, et ceci même s'ils sont exposés à des concentrations relativement faibles dans leur habitation. Les études récentes suggèrent que l'association tabagisme et radon induit des effets qui feraient plus que s'additionner sur la probabilité de développer un cancer du poumon.

Compte tenu de l'importance du tabac dans la survenue des cancers du poumon, la connaissance de la forme de l'interaction tabac-radon et du comportement tabagique des populations exposées sont des éléments primordiaux de l'estimation.

2. Cas/témoins. Moyenne pondérée pour les témoins, poids proportionnels au nombre de cas spécifiques à chaque étude. Il est à noter que puisque la variation aléatoire des valeurs mesurées est à peu près logarithmique (donc une mesure deux fois plus grande que la valeur habituelle est aussi probable qu'une mesure deux fois plus petite), les moyennes des valeurs mesurées dépassent légèrement les moyennes des valeurs habituelles estimées.

3. Les premières campagnes de mesure du radon dans les bâtiments ont été lancées au début des années 80 en France métropolitaine ; la cartographie établie en 2000 présente le bilan des campagnes effectuées dans ces départements sur les années 1982-2000 et n'ont pas intégré les départements d'outre-mer pour lesquels des campagnes de mesure ont été lancées ultérieurement.

4. Le risque relatif de développer un cancer du poumon pour un fumeur par rapport à un non-fumeur est de 8,96 (6,73, 12,1).

5. Le modèle exposition-âge-durée du BEIR VI, permet d'estimer sur la vie entière un risque relatif (RR) de décéder d'un cancer du poumon. Les probabilités de décéder du cancer du poumon âge par âge sont calculées en se basant sur l'excès de risque de développer un cancer du poumon dû à une exposition à une concentration donnée de radon, les taux de mortalité toutes causes et de cancer du poumon, les probabilités de survivre.

Une simulation à partir du modèle du BEIR VI⁵ a proposé une évaluation prédictive sur l'impact sanitaire de l'exposition domestique au radon aux États-Unis jusqu'en 2025. Cette étude prend également en compte la prévalence tabagique, l'exposition à la fumée de cigarette dans l'habitat et l'assainissement ou non de l'habitat vis-à-vis du radon. Cette étude a montré une interaction sub-multipllicative⁶ entre la consommation de tabac et l'exposition au radon et que par conséquent la réduction du tabagisme permettrait une réduction supérieure des décès par cancers du poumon attribuables au radon que des actions d'assainissement en radon dans l'habitat [20]. Cependant, il ne faut pas oublier que même chez les non-fumeurs, l'existence d'une relation dose-effet a été clairement démontrée dans l'analyse conjointe européenne [9].

1.6 - Le radon : un risque encore méconnu et sous-estimé par les différents acteurs, dont le public

Longtemps ignoré face au tabagisme, le risque de cancer du poumon lié au radon est maintenant objectivé. Il a pu être évalué que le risque encouru par une personne vivant dans une maison où les concentrations de radon se situent entre 200 et 400 Bq/m³ est proche de celui d'une personne non fumeuse vivant dans une atmosphère de tabagisme passif [19].

Le suivi d'une cohorte de mineurs d'uranium a été initié en France en 1982. Entre 1982 et 2000, des mesures ont été réalisées dans l'habitat par l'IRSN et la DGS, ce qui a permis d'identifier 31 départements prioritaires en France (cf. Figure 2). Depuis 2002, des dispositions réglementaires ont été prises pour les établissements recevant du public (ERP), complétées en 2008 pour les lieux de travail. Les premières mesures de gestion du risque lié au radon dans les ERP ont été mises en place en 1999 par la publication d'une circulaire (du 27 janvier 1999) demandant aux préfets des départements prioritaires d'organiser des campagnes de mesures systématiques dans certains ERP, d'engager des actions selon les résultats des mesures et de réaliser une campagne d'information des populations sur le risque lié au radon.

Cependant, d'après le baromètre santé environnement 2007, 62 % des personnes interrogées de 18 à 75 ans déclarent ne jamais avoir entendu parler du radon.

Les personnes interrogées habitant dans les départements prioritaires se déclarent mieux informées avec seulement 49,4 % de personnes n'ayant jamais entendu du radon *versus* 64,5 %.

La proportion de personnes qui n'ont jamais entendu parler du radon est moins forte dans les communes rurales que dans les communes urbaines (59,7 % pour les ruraux *versus* 63,1 % pour les urbains) [21].

Les résultats du baromètre IRSN 2010 sur un échantillon représentatif de la population montrent que le radon dans les habitations continue d'être perçu comme un risque faible avec seulement 14 % des Français qui perçoivent un risque élevé [22], alors que le radon est un cancérigène avéré pour le cancer du poumon, cancer le plus mortel en France.

- La population la plus à risque est cependant la moins informée

En effet, les fumeurs, qui sont nettement plus à risque de développer un cancer du poumon à la suite d'une exposition au radon se disent moins bien informés que les non-fumeurs : 66,5 % des fumeurs déclarent ne jamais avoir entendu parler du radon *versus* 60,5 % des non-fumeurs, tandis que 8,2 % des fumeurs se sentent bien informés *versus* 13,2 % des non-fumeurs [21].

- Un meilleur niveau de connaissances dans les départements prioritaires, mais une population peu encline à entreprendre des actions de gestion

Parmi les personnes résidant dans un département prioritaire, 66,7 % d'entre elles déclarent ne pas penser être personnellement concernées par ce risque et 81,9 % déclarent ne pas avoir fait réaliser une mesure de radon⁷ dans leur propre habitation et n'envisagent pas de le faire [21].

2. CE QUI SE FAIT

2.1 - Réglementation en vigueur concernant l'exposition au radon

- Pour les établissements recevant du public (ERP)
Depuis 2002, les propriétaires de lieux ouverts au public (établissements d'enseignement, établissements sanitaires et sociaux, établissements thermaux et établissements pénitentiaires...) doivent, dans les 31 départements les plus concernés, faire procéder à des mesures d'activité volumique de radon par des organismes agréés et conformément aux normes en vigueur. Le cas échéant, si les seuils d'actions fixés par la réglementation⁸ sont dépassés, des actions de remédiation destinées à réduire l'exposition doivent être mises en œuvre, en particulier : assurer l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des voies

6. Effet sub-multipliatif : dont les effets font plus que s'additionner mais sans se multiplier.

7. On distingue deux types d'instruments de mesure :

- les dosimètres à radon (passifs) capables d'enregistrer la concentration du radon présente dans la pièce où le dosimètre est posé. La durée d'exposition du dosimètre est de deux mois ;
- les appareils de mesure du radon (actifs) destinés à mesurer et enregistrer en continu la concentration de radon pour un intervalle de mesure donnée et sur une période donnée. Dans une habitation particulière, le dépistage du radon peut être fait à l'initiative de l'occupant. Il peut le réaliser lui-même, en se procurant un dosimètre auprès de l'une des sociétés qui les commercialise, ou faire appel à un professionnel.

8. Circulaire DGS n°99-46 et DGUHC/QC/10 n° 99-32 du 27 janvier 1999 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon : < 400 Bq/m³ : pas d'action corrective particulière entre 400 et 1000 Bq/m³ : actions correctives simples > 1000 Bq/m³ : actions correctives impératives et rapides voire fermeture de l'établissement recevant du public selon la fréquentation.

d'entrées du radon, aérer, ventiler, traiter le soubassement (vide sanitaire, dallage, etc.).

● Pour le lieu de travail

La réglementation relative à la protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon d'origine géologique (article R. 4457-6 du Code du travail) impose la mise en œuvre de mesures de l'activité volumique du radon dans des lieux souterrains, situés dans les départements ou parties de départements prioritaires (article R. 1333-15 du Code de la santé publique) et concernés par des activités professionnelles particulières (cf. arrêté du 7 août 2008 relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail). Les mesures doivent être réalisées par l'IRSN ou des professionnels agréés par l'Autorité de sécurité nucléaire (ASN).

● Pour l'habitat

La loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires a élargi le champ d'application des mesures de prévention des risques liés au radon. Un décret définissant les modalités de la surveillance et de la gestion du radon dans les bâtiments et notamment dans l'habitat est en cours d'élaboration.

● Pour les eaux destinées à la consommation humaine

La directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 a imposé la surveillance de la radioactivité dans les eaux destinées à la consommation humaine, mais ne prévoit pas de disposition spécifique relative à la surveillance du radon. Ces dispositions ont été transposées dans le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatives aux contrôles de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine et ne comportent pas de mesure concernant l'exposition au radon dissout dans l'eau potable.

2.2-Les politiques de santé publique : synergie des acteurs nationaux sur le radon

Un objectif relatif au radon a été inscrit dans la loi relative à la politique de santé publique (loi du 9 août 2004). Cet axe est également intégré dans les plans de santé publique concernant notamment les risques environnementaux.

● Le Plan national santé environnement (PNSE) :

Dans le cadre de l'action 17 du PNSE 1 (2004-2008)⁹ (réduire l'exposition au radon dans les bâtiments à usage

d'habitation), un programme d'action a été mis en place afin notamment de définir les modalités adéquates de réduction des risques dans l'habitat. Dans la continuité du PNSE 1, le PNSE 2 (2009-2013) propose, en s'appuyant sur les travaux réalisés, de poursuivre les actions de réduction des expositions au radon (action 40), en élaborant un nouveau plan d'action sur le radon.

● Le plan d'action interministériel radon 2005-2008

L'ASN a élaboré en 2005 en concertation avec le ministère chargé de l'urbanisme et de la construction, un plan destiné à coordonner les actions des différents organismes nationaux engagés dans ce domaine (IRSN, INVS et CSTB), mais aussi à favoriser les initiatives régionales permettant de renforcer les compétences des acteurs locaux. Trois axes ont été retenus :

- 1- construire une nouvelle politique pour la gestion du risque lié au radon dans l'habitat et les constructions neuves ;
- 2- accompagner et contrôler la mise en œuvre de la réglementation pour la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public ;
- 3- améliorer et diffuser les connaissances sur les expositions et le risque lié au radon.

À la suite du premier plan d'action radon (2005-2008), le second plan d'action sur le radon, en cours d'élaboration, va poursuivre la construction d'une politique pour la gestion du risque lié au radon dans l'habitat existant et les constructions neuves dans les zones à risques afin de garantir un niveau faible d'exposition des personnes.

La réussite de ce plan d'actions implique l'adhésion et la collaboration des différents acteurs nationaux et locaux intervenant sur ce sujet. Aussi, pour plusieurs des actions prévues dans ce second plan, l'ASN et les ministères concernés (santé, construction, travail) ont décidé de s'appuyer sur des initiatives régionales, prises notamment dans le cadre de l'élaboration de plans régionaux « santé-environnement » et permettant ainsi de renforcer les compétences des acteurs locaux existants, de faire émerger de nouveaux acteurs et de favoriser la mise en commun de ces compétences.

La mise en œuvre d'un dispositif efficace d'information, de sensibilisation et d'accompagnement des particuliers à la réalisation des mesures dans l'habitat est également essentielle. Il vise également à renforcer les mesures incitatives pour faciliter le repérage et la résolution des situations d'exposition dans l'habitat existant.

9. Les principales actions mises en place à l'action 17 du PNSE 1 visent à :

- poursuivre les campagnes de mesures dans les lieux ouverts au public et mettre en place des actions correctrices dans les bâtiments non conformes ;
- réaliser une étude préalable pour l'élaboration de nouvelles règles de construction pour les bâtiments à construire ;
- réaliser une étude de faisabilité pour l'extension des états sanitaires obligatoires en cas de vente à la mesure du radon ;
- former les professionnels du bâtiment aux techniques de réduction du radon dans les bâtiments.

● Le Plan cancer 2009-2013

Le Plan cancer 2009-2013 (action 12.6) vise à mieux informer sur le risque lié au radon dans l'habitat et prévoit d'associer également cette communication aux dangers du tabac dans l'objectif général de diminuer l'incidence des cancers du poumon.

2.3- Les actions d'information sur les moyens de réduction des risques d'exposition au radon

Le sol est en général la cause principale de la présence de radon dans l'air intérieur des bâtiments. L'entrée du radon dans ces lieux résulte de nombreux paramètres (concentration dans le sol, perméabilité et humidité du sol, présence de fissures ou de fractures dans la roche sous-jacente) et notamment des caractéristiques propres du bâtiment (procédé de construction, fissuration de la surface en contact avec le sol, système de ventilation...).

Le niveau de pollution par le radon peut le plus souvent être réduit par des actions simples et peu coûteuses. Deux types d'actions peuvent être mises en œuvre :

- Celles qui visent à empêcher le radon de pénétrer à l'intérieur en assurant l'étanchéité entre le sol et le bâtiment (colmatage des fissures et des passages de canalisations, etc.), en mettant en surpression l'espace intérieur ou en dépression le sol sous-jacent. L'IRSN a réalisé en 1998, en partenariat avec le ministère de l'équipement des transports et du logement, la Fédération française du bâtiment (FFB) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) une brochure générale ainsi que des fiches techniques « études de cas » à destination des professionnels du bâtiment¹⁰.
- Celles qui visent à éliminer le radon présent dans le bâtiment, par aération naturelle ou ventilation mécanique, améliorant ainsi le renouvellement de l'air intérieur. Dans ce cadre, l'INPES a relancé en décembre 2010, le site www.prevention-maison.fr sur les risques dans l'habitat dont une partie est consacrée à la pollution de l'air intérieur et au radon.

2.4- Le radon au niveau international : les recommandations de l'OMS

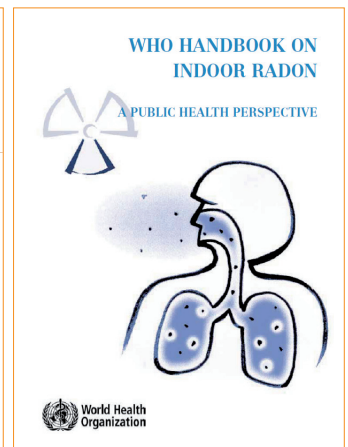
Selon l'OMS, le succès d'une politique sur le radon repose notamment sur une bonne coordination avec les autres politiques de santé publique (tabac, qualité de l'air intérieur)

et une formation adéquate des professionnels intervenants.

Le Projet international sur le radon mis en place par l'OMS qui regroupe plus de trente pays a pour but d'identifier et de promouvoir des programmes visant à réduire les effets sanitaires du radon. Les objectifs de ce projet sont les suivants :

- procéder à une estimation mondiale des conséquences de l'exposition au radon dans les habitations ;
- trouver des stratégies efficaces pour diminuer l'impact du radon sur la santé ;
- promouvoir des options politiques valables pour les programmes de prévention et d'atténuation du problème ;
- sensibiliser le public et les hommes politiques aux conséquences de l'exposition au radon ;
- examiner régulièrement les mesures prises pour atténuer le problème afin de s'assurer de leur efficacité.

En 2009, ce projet international a conduit à la publication de recommandations, notamment en termes d'options politiques pour réduire les risques sanitaires découlant de l'exposition au radon dans les habitations. Des niveaux de référence du radon de 100 Bq/m³, et au moins en deçà de 300 Bq/m³ sont également préconisés [23].



10. [http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/radioactivite environnement/radon/Documents/irsn_radon_radon-dans-batiments.pdf](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/radioactivite%20environnement/radon/Documents/irsn_radon_radon-dans-batiments.pdf)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 43, Man-made Mineral Fibres and Radon (1988). 1988.
- [2] OMS. Radon et cancers fact sheet, n° 291. 2009.
- [3] IRSN. Radon dans l'eau : conséquences dosimétriques et sanitaires de l'ingestion de radon dissous dans l'eau de boisson, mai 2010, http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/radioactivite-environnement/radon/Documents/irsn_radon-dans-eau_consequences-sanitaires.pdf 2010.
- [4] Baysson H, Tirmarche M. [Indoor radon exposure and lung cancer risk: a review of case-control studies]. *Revue d'Épidémiologie et de santé publique*. 2004 Apr;52(2):161-71.
- [5] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2006 Report. Annex E. Sources-to-Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces. New York: United Nations. 2009.
- [6] Afsset, Inserm. Cancer et environnement. Expertise collective. 2008;p95.
- [7] Catelinois O, Rogel A, Laurier D, et al. Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique au radon en France INVS, BEH n° 18-19. 2007.
- [8] Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et al. Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 2006;32 Suppl 1:1-83.
- [9] Darby S, Hill D, Auvinen A, et al. Exposition au radon dans les habitations et risque de cancer du poumon : analyse conjointe des données individuelles de 13 études cas-témoins européennes. INVS, BEH n° 18-19 2007.
- [10] Darby SC, Whitley E, Howe GR, Hutchings SJ, Kusiak RA, Lubin JH, et al. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. *Journal of the National Cancer Institute*. 1995 Mar 1;87(5):378-84.
- [11] Laurier D. Vacquier B, et al., Risques associés au radon : l'apport des études de mineurs. BEH, INVS. 2007;n° 18-19.
- [12] Evrard AS, Hemon D, Billon S, Laurier D, Jouglà E, Tirmarche M, et al. Ecological association between indoor radon concentration and childhood leukaemia incidence in France, 1990-1998. *Eur J Cancer Prev*. 2005 Apr;14(2):147-57.
- [13] Laurier D, Valenty M, Tirmarche M. Radon exposure and the risk of leukemia: a review of epidemiological studies. *Health physics*. 2001 Sep;81(3):272-88.
- [14] Raaschou-Nielsen O, Andersen CE, Andersen HP, Gravesen P, Lind M, Schuz J, et al. Domestic radon and childhood cancer in Denmark. *Epidemiology (Cambridge, Mass)*. 2008 Jul;19(4):536-43.
- [15] Lubin JH, Boice JD, Jr., Edling C, Hornung RW, Howe GR, Kunz E, et al. Lung cancer in radon-exposed miners and estimation of risk from indoor exposure. *Journal of the National Cancer Institute*. 1995 Jun 7;87(11):817-27.
- [16] Archer VE, Coons T, Saccomanno G, Hong DY. Latency and the lung cancer epidemic among United States uranium miners. *Health physics*. 2004 Nov;87(5):480-9.
- [17] Tomasek L, Rogel A, Laurier D, Tirmarche M. Dose conversion of radon exposure according to new epidemiological findings. *Radiation protection dosimetry*. 2008;130(1):98-100.
- [18] Baysson H, Tirmarche M, Tymen G, Gouva S, Caillaud D, Artus JC, et al. Indoor radon and lung cancer in France. *Epidemiology (Cambridge, Mass)*. 2004 Nov;15(6):709-16.
- [19] Tirmarche M. et al. Évaluation du risque de cancer lié à l'inhalation de radon, IRSN/DPHD/SEGR/LEADS. 2005.
- [20] Mendez D, Alshanteqy O, Warner KE, Lantz PM, Courant PN. The impact of declining smoking on radon-related lung cancer in the United States. *American journal of public health*. 2011 Feb;101(2):310-4.
- [21] INPES. Baromètre santé environnement 2007, ed. INPES. 2008.
- [22] IRSN. Baromètre IRSN 2010 sur la perception des risques et de la sécurité par les français, http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/librairie/Documents/publications_institutionnelles/IRSN_Barometre_2010.pdf 2010.
- [23] OMS. WHO handbook on indoor radon : A public Health Perspective. http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf 2009.

Coordination de la fiche repère « Radon et cancer » : Direction de la santé publique, département prévention, Institut national du cancer

Contribution IRSN : Roselyne Améon et Margot Tirmarche

Contribution DGS : Caroline Schemoul