

Faire avancer la sûreté nucléaire

Caractérisation radiologique d'une maison présentant des concentrations élevées de radon et un risque de contamination au radium

CONGRES NATIONAL SFRP

17 juin 2015

Laurent MARIE

Contexte

En mars 2014, identification d'une maison construite sur des résidus de traitement de minerai d'uranium et présentant des concentrations de radon élevées à Bessines-sur-Gartempe (87)



- IRSN saisi par les pouvoirs publics
 - 1. Caractérisation radiologique de la maison
 - Station-service construite dans les années 60
 - Réaménagée en habitat privé en 1997
 - 2. Évaluation des risques sanitaires pour les personnes ayant occupé le bâtiment
 - Anciens occupants et gérants
 - Propriétaires et leurs 2 enfants
 - 26 enfants gardés



Mobilisation de l'IRSN

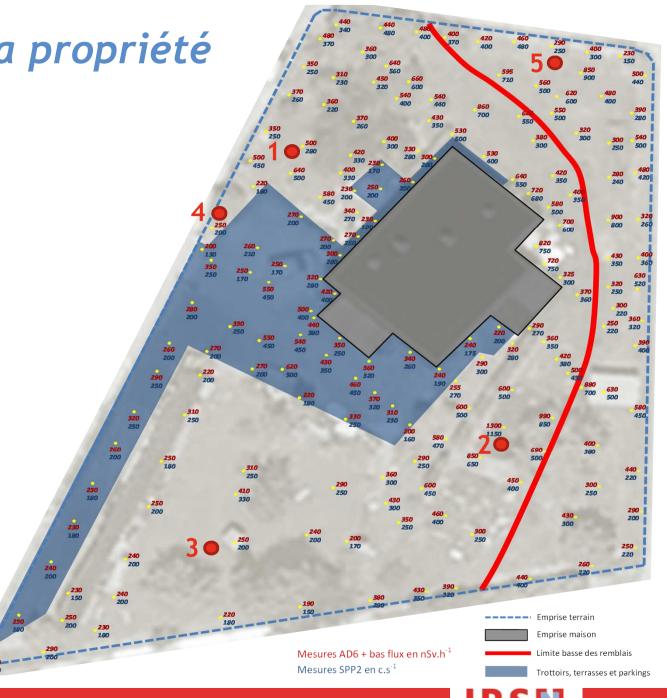
- Activation de l'organisation de crise de l'IRSN
 - Apporter des éléments de réponse aux occupants et à la société (médias)
 - □ Fournir un appui technique aux administrations locales et nationales
- Déploiement de moyens techniques
 - Un véhicule laboratoire permettant la caractérisation de prélèvements sur le terrain et des équipements de mesure des rayonnements ionisants
 - ☐ Un laboratoire mobile d'anthroporadiométrie au CHU de limoges
 - Activation du laboratoire d'analyses médicales radiotoxicologiques du Vésinet
- Déploiement de moyens humains
 - Intervention en radioprotection
 - Transfert dans la géosphère
 - Dosimétrie interne
 - Épidémiologie
 - **...**



Caractérisation de la propriété extérieure

- Cartographie radiamétrique
 - mesures à 50 cm et au contact
 - □ bruit de fond: 185 nSv.h-1
 - de 190 à 1 300 nSv.h-1

- Cinq points d'intérêt
 - prélèvements sol et air
 - analyse



Caractérisation de la propriété extérieure

Points d'intérêt et résultats d'analyse

Point	Nature	Activité massique en Bq.g ⁻¹			y-1	Activité volumique du radon dans le sol	Flux d'exhalation surfacique du radon	Perméabilité
		²³⁴ Th	²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	en kBq.m ⁻³	en Bq.m ⁻² .s ⁻¹	en m²
1	Sable	0,36 ± 0,04	8 ± 0,8	7,3 ± 0,7	7,1 ± 0,8	1 700 ± 300	$\textbf{0,7} \pm \textbf{0,2}$	5,6.10 ⁻¹²
2	Sable	0,87 ± 0,09	7,2 ± 0,7	6,7 ± 0,7	6,5 ± 0,8	1 400 ± 300	3,3 ± 1	1,1.10 ⁻¹¹
3	Sable	0,45 ± 0,05	5 ± 0,5	4,7 ± 0,5	4,5 ± 0,5	5 400 ± 1 100	1,2 ± 0,4	2,1.10 ⁻¹²
4	Sable	0,39 ± 0,04	8,1 ± 0,9	7,6 ± 0,8	7,3 ± 0,8	6 700 ± 1 400	1,7 ± 0,5	1,1.10 ⁻¹¹
5	Terre + sable	0,78 ± 0,08	2,85 ± 0,28	2,7 ± 0,25	2,6 ± 0,29	-	1,8 ± 0,5	1,1.10 ⁻¹¹

présence de résidus sur l'ensemble de la propriété



source de radon importante

sol perméable pouvant favoriser le transport du radon vers l'habitation

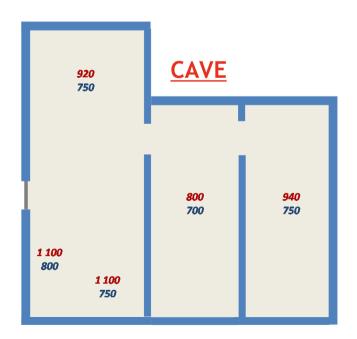
Caractérisation de la maison

Cartographie radiamétrique

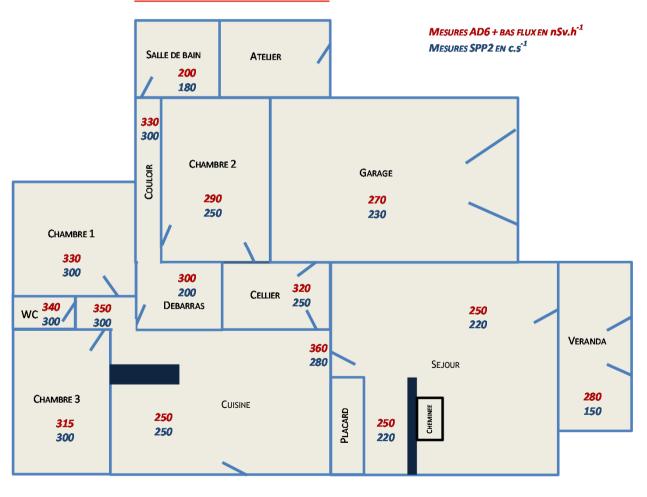
mesures à 50 cm et <u>au contact</u>

□ rdc : de 200 à 350 nSv.h-1

cave : de 800 à 1 100 nSv.h-1



REZ-DE-CHAUSSEE



Caractérisation de la maison

- Contamination surfacique
 - mesures directes (ambiance et sol)
 - mesures par frottis (sol)
 - dans toutes les pièces
- Prélèvements atmosphériques sur filtre
 - cave, chambre 1 et chambre 2
- Prélèvement de poussières



pas de contamination au radium contamination provenant uniquement des descendants du radon

concordant avec les mesures individuelles réalisées ultérieurement

Caractérisation de la maison

Voies d'exposition caractérisées

Radium : exposition interne (inhalation et ingestion)

Pas de contamination

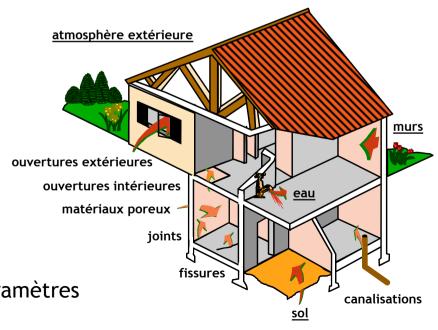
Radon : exposition interne (inhalation)

Voie prédominante

Radium et radon : exposition externe

Le radon

- Gaz radioactif naturel omniprésent à la surface de la terre
- Plusieurs origines : sol, matériaux de construction, gaz, eau, <u>activité humaine</u> (mine d'uranium)...
- S'accumule dans les espaces confinés (bâtiments)
- Principale source d'exposition aux rayonnements ionisants
- Concentrations très variables car fonction de nombreux paramètres



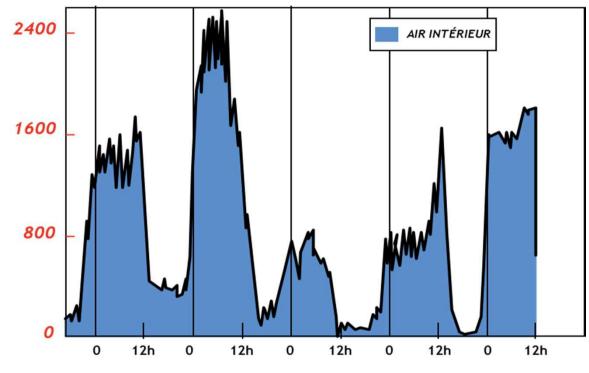
Le radon dans l'habitat : variabilité temporelle

Localisation géographique
Structure architecturale
Mode de vie des occupants
Conditions météorologiques
Saison



Variabilité temporelle du radon

²²² Rn - Activité volumique (Bq.m⁻³)



Exemple-type de fluctuations dans une maison



Pour déterminer une exposition annuelle, nécessité de réaliser des mesures de radon sur de longues durées (plusieurs mois)

La stratégie de mesures mise en œuvre

- Contrainte forte : délai court → mesures du 24 mars au 3 avril
- Etude des différents paramètres d'influence
- Mesures réalisées dans chacune des pièces de la maison en très grand nombre : radon et descendants / ponctuel et en continu
- Identification des phénomènes qui se mettent en place
- Informations recueillies auprès des propriétaires sur leurs habitudes de vie
- Simulation de l'occupation du bâtiment par les propriétaires pour reconstituer leur exposition



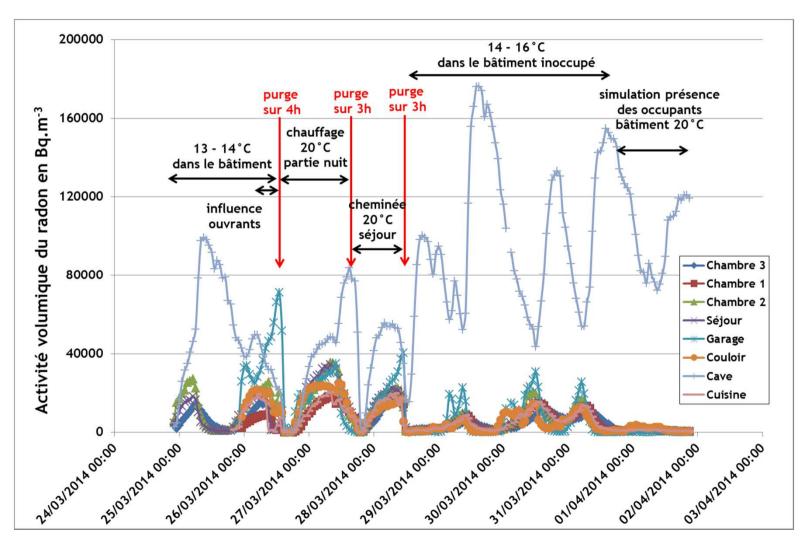
Identification de deux comportements distincts





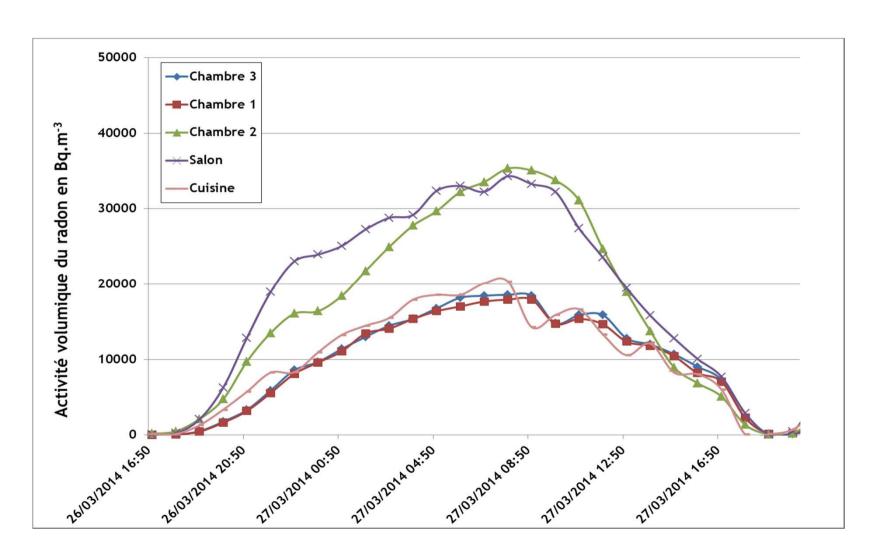


Évolution temporelle de l'activité volumique du radon dans la maison

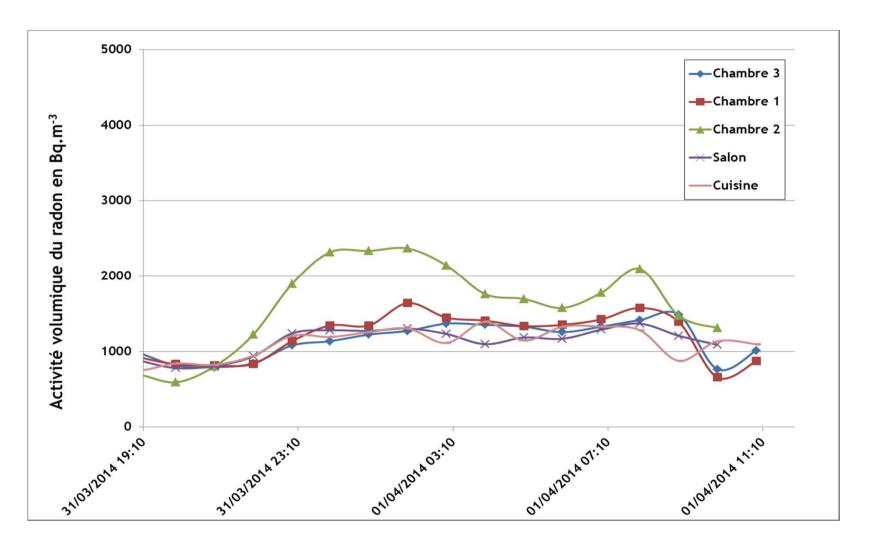


11

Séquence représentative de la période couvrant <u>l'hiver</u> - 8 mois



Séquence représentative de la période couvrant <u>l'été</u> - 4 mois



Détermination pour chaque pièce de vie des valeurs moyennes annuelles d'exposition en journée et au cours de la nuit pour permettre l'évaluation du risque sanitaire

	Activité volumique du radon (Bq.m ⁻³)			
Pièces de la maison	Jour	Nuit		
Chambre 1	9 000	9 000		
Chambre 2	14 300	16 000		
Chambre 3	9 300	9 300		
Séjour	14 700	18 700		
Cuisine	8 500	10 000		

concordant avec l'évaluation rétrospective réalisée ultérieurement et représentative de plus de 15 ans d'exposition (utilisation de disques CD)





Faire avancer la sûreté nucléaire

Évaluation du risque sanitaire des occupants d'une maison présentant des concentrations élevées de radon

Énora CLÉRO ^a, Laurent MARIE ^b,

Cécile CHALLETON - DE VATHAIRE ^c,

Alain RANNOU ^d, Dominique LAURIER ^a

a PRP-HOM/SRBE/LEPID

b PRP-DGE/SEDRAN/BERAM

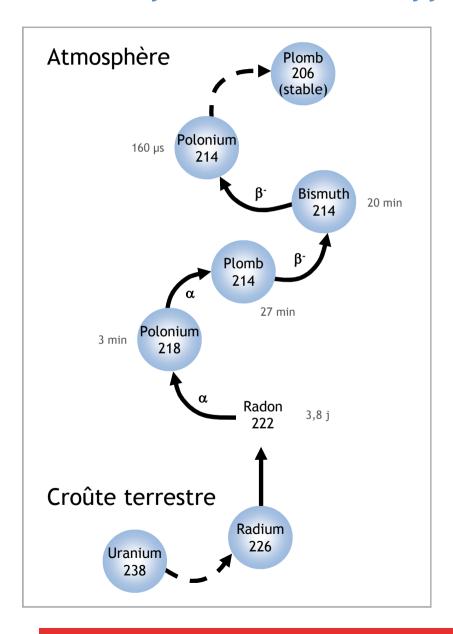
c PRP-HOM/SDI/LEDI

d PRP-HOM

Congrès National de Radioprotection de la SFRP, Reims

17 juin 2015

Identification des effets sanitaires du radon



Gaz radioactif: provient de la désintégration de ²³⁸U

Inhalation : descendants peuvent entraı̂ner des irradiations α au niveau de l'épithélium bronchique

Cancérogène pulmonaire certain pour l'homme



Études épidémiologiques des risques associés au radon :

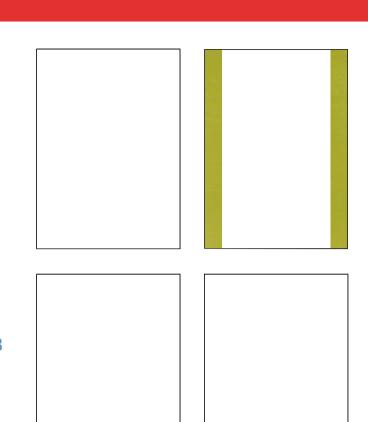
- ① Mineurs d'uranium (suivi dosimétrique)
- ② Population générale (exposition domestique)



Excès de risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les mines et dans les habitations

État des connaissances sur les risques associés au radon

- Bonne cohérence des résultats entre les mineurs et la population générale
- Cancer du poumon : aujourd'hui, seul effet démontré associé au radon
- Augmentation du risque relatif ≈ 16 % pour 7 100 Bq.m⁻³ (concentration moyenne sur 25 ans de résidence)
- Temps de latence entre 5 et 30 ans
- Diminution avec le délai depuis l'exposition : retour au risque d'un individu non exposé au-delà de 30 ans après la fin de l'exposition
- Accroissement du risque pour les fumeurs comme pour les non-fumeurs Interaction radon-tabac : effets sub-multiplicatifs
- Lacune de connaissances sur les effets des expositions durant l'enfance



Évaluation du risque de cancer du poumon associé à une exposition au radon

Démarche : utilisation des connaissances disponibles pour estimer, par calculs, le risque sanitaire dans une situation donnée

Trois éléments nécessaires :

- Reconstitution de l'exposition
 - Concentration dans chaque pièce de vie (mesures)
 - Temps passé dans chaque pièce (entretiens)
- 2 Modèle de risque
 - Étude épidémiologique européenne sur le radon dans l'habitat
- 3 Taux de base
 - Probabilité de décès par cancer du poumon « vie entière » (jusqu'à l'âge de 75 ans)
 - Pour un individu n'ayant jamais fumé



1. Reconstitution de l'exposition au radon

Concentration moyenne annuelle de radon

Moyennes estimées sur la base des concentrations mesurées dans la maison

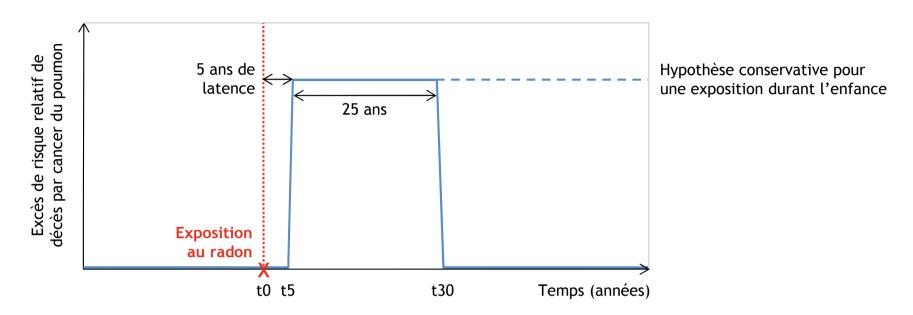
	Concentration de radon (Bq.m ⁻³)		
Pièces de la maison	Jour	Nuit	
Chambre 1	9 000	9 000	
Chambre 2	14 300	16 000	
Chambre 3	9 300	9 300	
Séjour	14 700	18 700	
Cuisine	8 500	10 000	

Caractéristiques individuelles de séjour dans la maison (âge, dates, horaires, pièces...)
Entretiens réalisés avec l'ARS de Limoges et l'IRSN

1. Reconstitution de l'exposition au radon

Pour plusieurs <u>profils-types</u>		Temps de séjour annuel (heures)	Exposition cumulée (Bq.m ⁻³ .h)	
Résidence	Adulte travaillant à domicile	8 030	110.10 ⁶	
	Adulte travaillant à l'extérieur	5 660	79. 10 ⁶	
	Jeune adulte résident étudiant	6 570	64.10 ⁶	
	Enfant résident scolarisé	6 570	64.10 ⁶	
	Nourrisson résident	6 935	66.10 ⁶	
Garderie	Enfant en garde périscolaire	400	6.10 ⁶	
	Enfant en nourrice	2 000	25.10 ⁶	
Haute- Vienne	Habitant passant 80 % de son temps dans son habitation pour un an de résidence	7 000	1,4.10 ⁶	

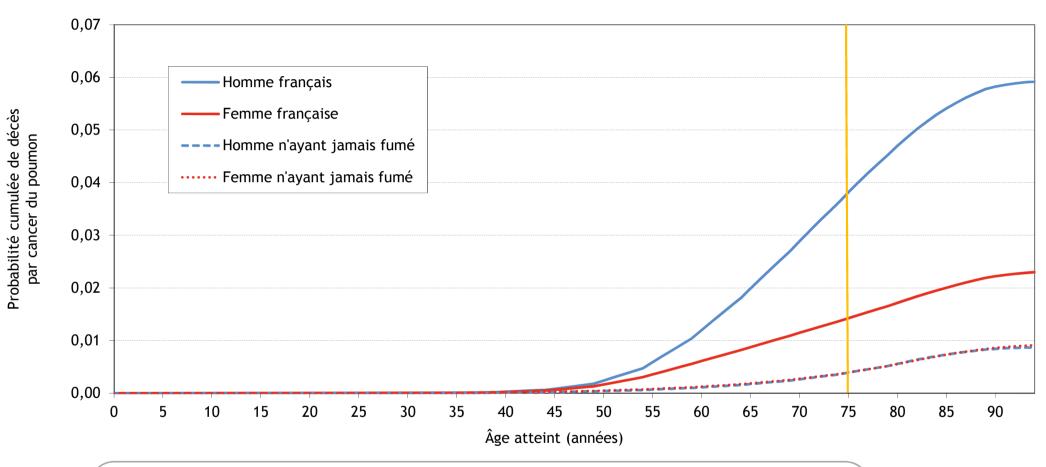
2. Modèle de relation exposition-risque



Association entre le cancer du poumon et le radon :

- Excès de risque relatif de 16 % pour ↗ 100 Bq.m⁻³ pendant 25 années de résidence (étude européenne : Darby et al. *BMJ* 2005)
- Temps de latence de 5 ans
- Diminution du risque 30 ans après la fin de l'exposition, jusqu'à rejoindre le risque de base → Exposition au radon durant l'enfance ?
- Risque augmente avec la durée d'exposition (concentration cumulée)

3. Risque de base de cancer du poumon « vie entière »



Probabilité cumulée à 75 ans	Homme	Femme
Taux nationaux	3,6 %	1,4 %
Personnes n'ayant jamais fumé	0,36 %	0,37 %

(Cancer Prevention Study II, USA)

Évaluation du risque associé au radon (profils-types)

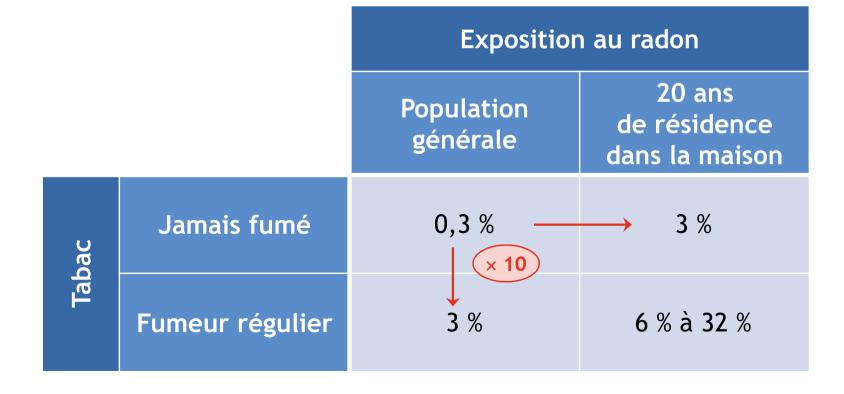
		Age à la fin de l'exposition	Durée d'exposition	Probabilité « vie entière » de base	Probabilité « vie entière » avec exposition	Ratio de risque « vie entière »
Résidence	Adulte travaillant à domicile	50 ans	20 ans	0,32 %	4,08 %	13,0
	Adulte travaillant à l'extérieur	50 ans	20 ans	0,32 %	3,13 %	10,0
	Jeune adulte résident	20 ans	20 ans	0,36 %	0,51 % 4,49 %	1,4 12,4
Garderie	Enfant en garde périscolaire	7 ans	4 ans	0,36 %	0,37 % 0,43 %	< 1,01 1,2
	Enfant en nourrice	3 ans	3 ans	0,36 %	0,37 % 0,58 %	< 1,01 1,6

Sous l'hypothèse que le risque relatif s'annule au-delà de 30 ans après la fin de l'exposition Sous l'hypothèse que le risque relatif persiste sur la vie entière

Évaluation du risque de cancer du poumon associé au radon et au tabac

Tabac = 1^{er} facteur de risque Radon = facteur aggravant Interaction tabac-radon entre l'effet additif et multiplicatif

Exemple de probabilité de décès par cancer du poumon vie entière : Profil-type « adulte âgé de 50 ans travaillant à l'extérieur »



Conclusion de l'évaluation des risques

- Situation exceptionnelle Concentrations de l'ordre de 50 fois plus élevées que la moyenne du département
- Une évaluation individualisée a été réalisée pour chaque personne ayant séjourné dans la maison :
 - Les propriétaires et leurs enfants ayant occupé la maison plus de 15 ans
 - → Augmentation du risque de cancer du poumon
 (probabilité vie entière ≈ 4 % équivalente à celle associée à un tabagisme régulier)
 - Les <u>enfants en garde</u>
 - → Augmentation beaucoup plus faible du risque de cancer du poumon (probabilité vie entière < 1 %)</p>
 - Les <u>anciens gérants</u> de la station-service <u>et leurs enfants</u>
 - → Augmentation faible ou nulle du risque de cancer du poumon, mais pouvant atteindre un facteur 2 à 3 pour certains enfants
- Évaluation réalisée pour des individus non-fumeurs Le cas échéant, l'effet du tabac doit être considéré en plus de celui du radon

Recommandations

- **Éviter tout tabagisme** (compte tenu de la synergie entre le radon et le tabac) ou toute exposition à d'autres facteurs de risque de cancer du poumon
- Recommandations de l'Institut National du Cancer pour un suivi médical en fonction de l'avis d'un groupe d'experts (pneumologues, hématologues, épidémiologistes, radioprotectionnistes...)

Risque relatif estimé de cancer du poumon :

- Inférieur à 2
 - → Pas de suivi médical recommandé

(www.e-cancer.fr)

- Entre 2 et 10
 - → A décider au cas par cas par un pneumologue
- □ Supérieur à 10
 - → Suivi régulier après 45 ans par scanner thoracique « faible dose »

Merci pour votre attention