

The logo for IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) is displayed in a white box with a red border. The letters 'IRSN' are in a bold, sans-serif font, with 'IR' in red and 'SN' in blue.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Evaluation du risque sanitaire associé à l'exposition au radon pour les occupants d'une maison construite sur des stériles et résidus miniers à Bessines-sur-Gartempe

Commission de Suivi des Sites, Limoges

16 juin 2014

Le contexte

- Dans le cadre de la campagne de recensement de réutilisation de stériles miniers, mise en évidence par AREVA, dans une maison à Bessines-sur-Gartempe (87), de teneurs élevées en radon et de résidus en soubassement
- IRSN saisi par la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie pour évaluer les risques liés à la présence de stériles et résidus dans les soubassements de cette maison
- Mission de caractérisation réalisée par l'IRSN du 24 mars au 3 avril

Actions IRSN

■ Déploiement des moyens techniques :

- un laboratoire mobile d'anthroporadiométrie au CHU de Limoges
- un véhicule laboratoire permettant la caractérisation de prélèvements sur le terrain et des équipements de mesure des rayonnements ionisants
- Activation du laboratoire d'analyses médicales radiotoxicologiques du Vésinet

■ Expertise en deux étapes :

- Expertise de la maison pour déterminer et quantifier les voies d'expositions
- Evaluation des risques pour les personnes ayant résidé dans la maison

Mesures réalisées

Mesures individuelles

Examens anthroporadiométriques

- ❑ Recherche de la signature d'une éventuelle contamination interne par du radon ou du radium (détection *in vivo* des descendants du radon)
- ❑ En fonction du résultat, dépistage radon au domicile familial

Analyses radiotoxicologiques urinaires

- ❑ Recherche d'une éventuelle contamination interne par du radium

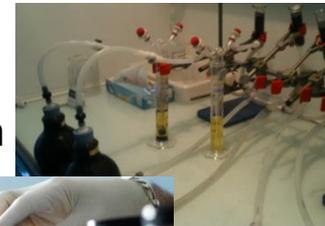
Mesures environnementales

Exposition externe

- ❑ Mesure de débit de dose dans la maison et sur la parcelle

Exposition interne

- ❑ Mesure de contamination surfacique et atmosphérique (poussières)
- ❑ Mesures de radon



Objectifs des mesures

■ Recherche des voies d'exposition :

- ❑ exposition externe au rayonnement émis par le radium
- ❑ exposition interne par inhalation ou ingestion de radium
- ❑ exposition interne par inhalation du radon et ses descendants

Conclusions des mesures

■ Une voie d'exposition prédominante :

- ❑ exposition externe au rayonnement émis par le radium
- ❑ exposition interne par inhalation ou ingestion de radium
- ❑ exposition interne par inhalation du radon et ses descendants

Evaluation de l'exposition au radon des personnes

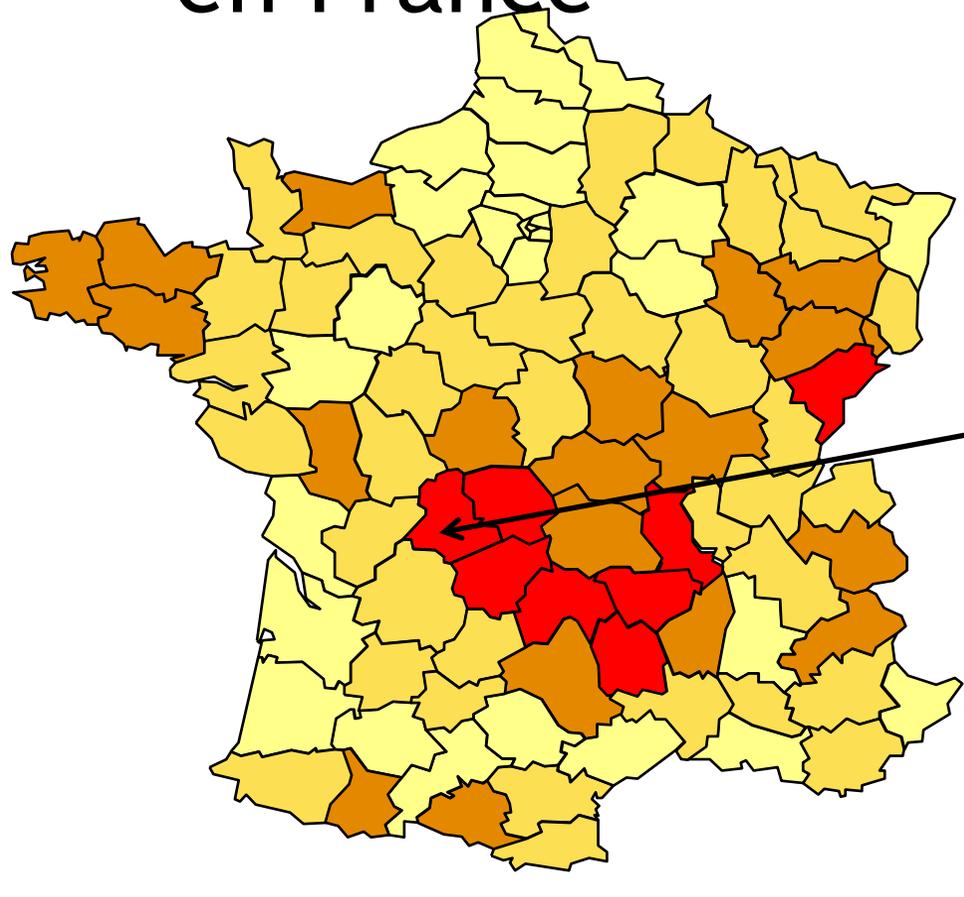
Le radon

- Gaz radioactif naturel
- Omniprésent à la surface de la terre
- Plusieurs origines : sol, matériaux de construction, eau, gaz, ...
- Teneurs très variables car fonction de nombreux paramètres
- S'accumule dans les espaces confinés (bâtiments)
- Principale source d'exposition aux rayonnements ionisants
- Reconnu cancérigène pulmonaire par l'OMS

Le radon dans l'habitat en France

Campagne nationale 1982 - 2000

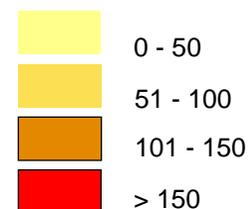
Moyenne arithmétique : 90 Bq.m⁻³



Haute-Vienne

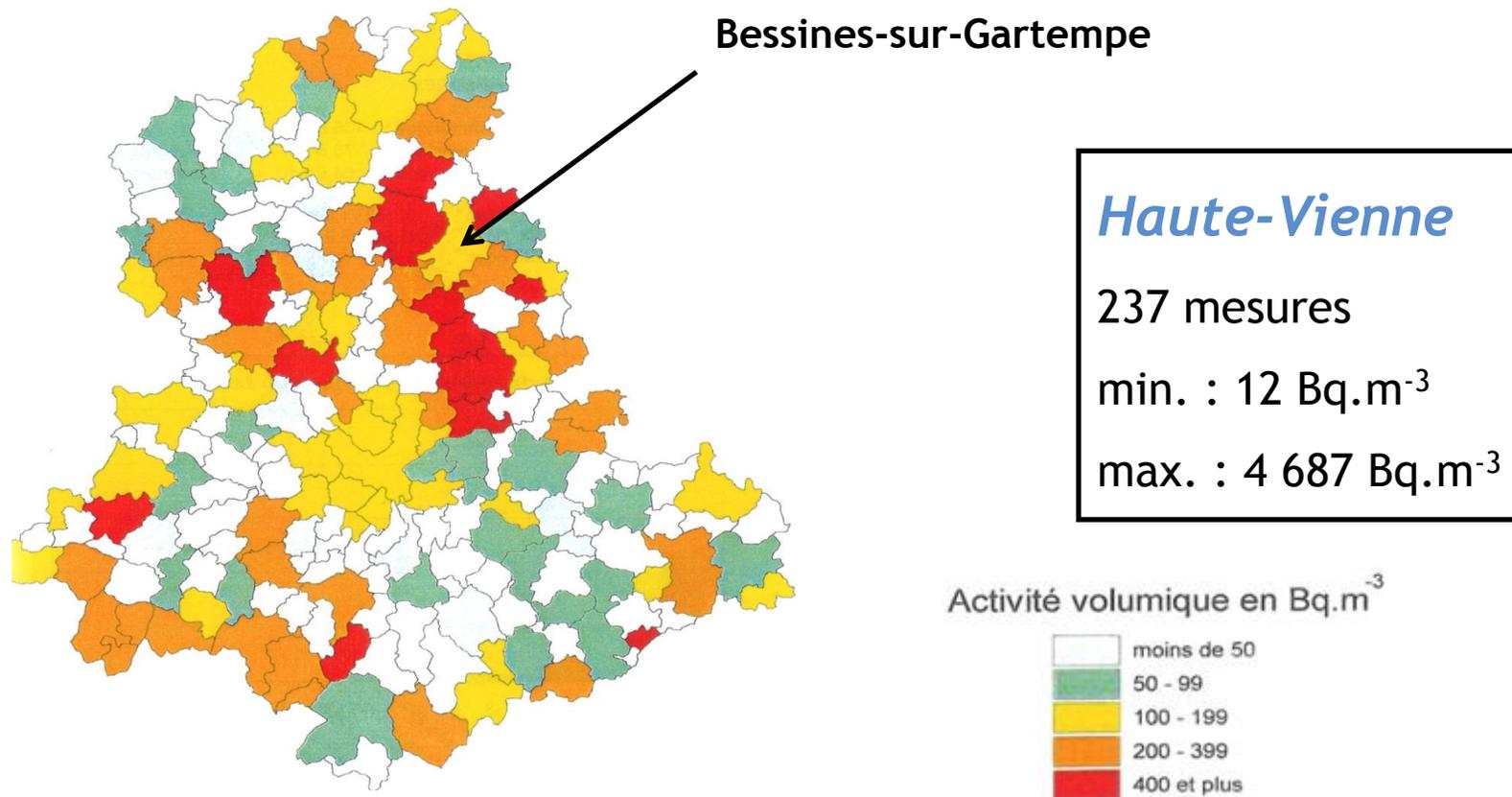
Moyenne arithmétique : 204 Bq.m⁻³

Moyennes arithmétiques départementales en Bq.m⁻³



France métropolitaine, 12 641 points de mesure, 10 013 communes, bilan 2000

Le radon dans l'habitat en Haute-Vienne



La maison

- Station service construite dans les années 60 et réaménagée en habitat privé



Le plan de la maison



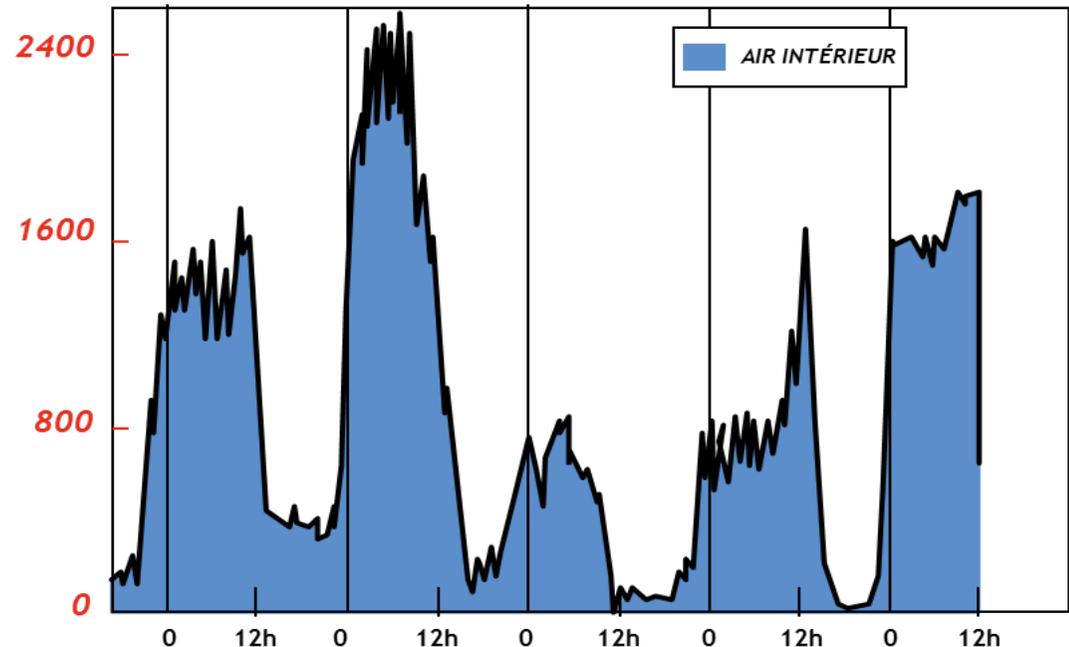
Le radon dans les bâtiments

localisation géographique
structure architecturale
mode de vie des occupants
conditions météorologiques
conditions climatiques

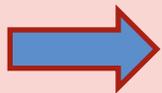


variabilité temporelle du radon

^{222}Rn - Activité volumique ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)



Exemple type de fluctuations dans une maison



mesures réalisées du 24 mars au 3 avril avec prise en compte de ces différents paramètres d'influence

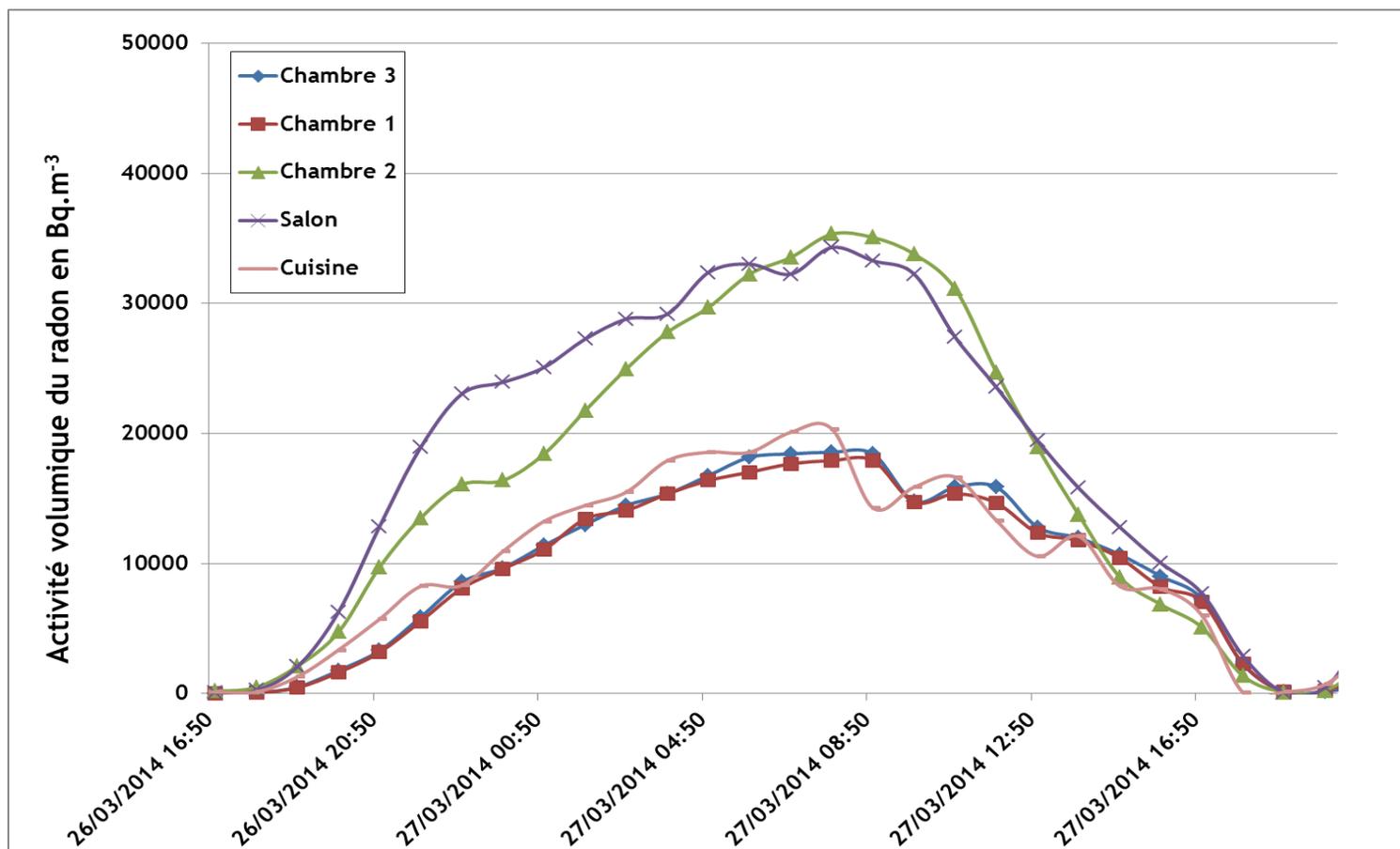
La stratégie de mesures de radon

Stratégie pour reconstituer l'exposition des personnes **dans un délai court**

- Mesures de radon réalisées dans chaque pièce du bâtiment
- Identification de la source, des voies d'entrée et des voies de transfert
- Informations recueillies auprès des propriétaires sur leurs habitudes de vie
- Simulation de l'occupation du bâtiment par les propriétaires pour reconstituer leur exposition

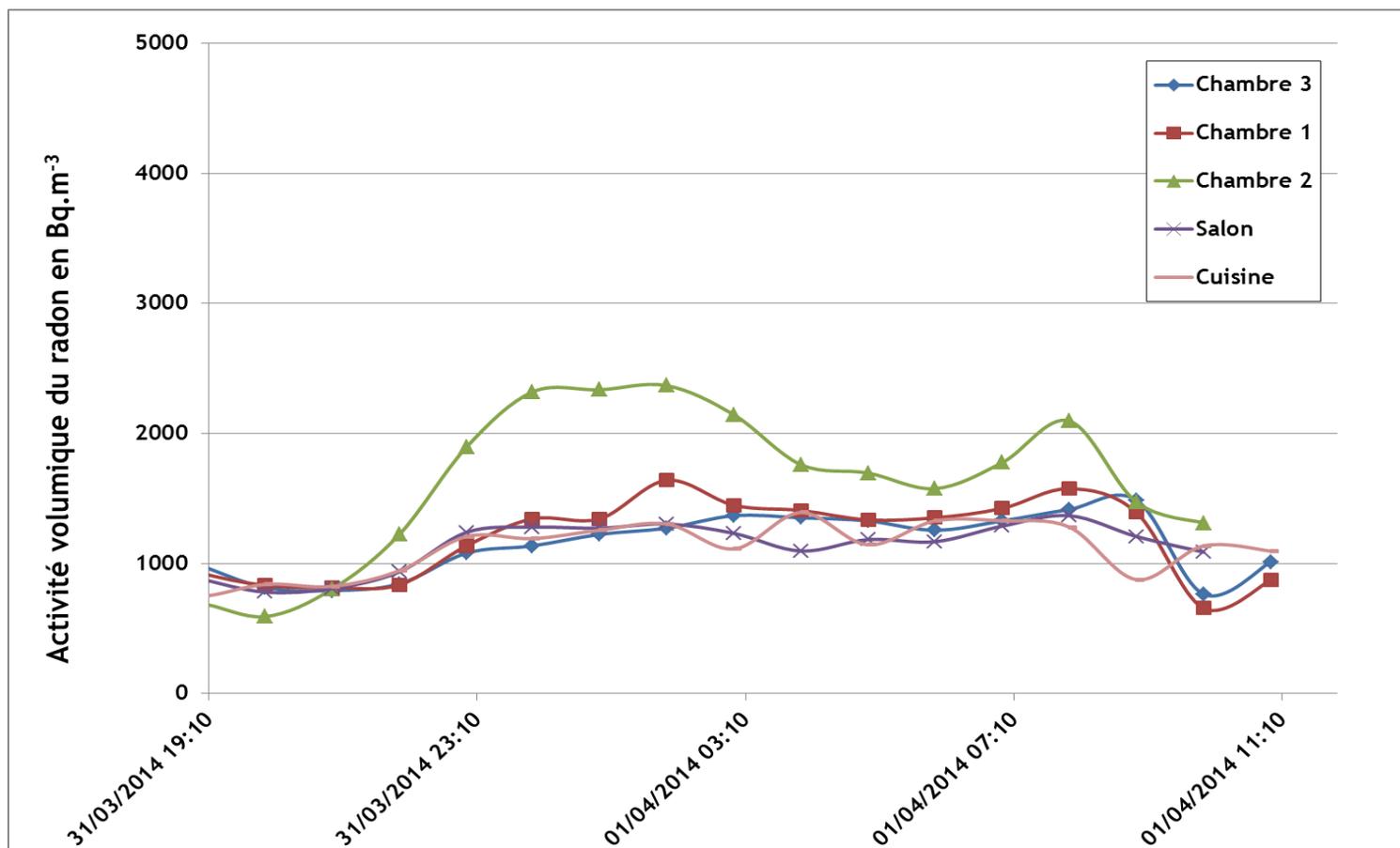
Les résultats

■ Séquence représentative de la période couvrant l'hiver - 8 mois



Les résultats

■ Séquence représentative de la période couvrant l'été - 4 mois



Les résultats

- Le radon issu des résidus pénètre principalement dans la maison par un drain technique enterré débouchant dans le garage
- Les valeurs moyennes annuelles en journée (8h-20h) et au cours de la nuit (20h-8h) sont déterminées pour chaque pièce de vie pour permettre l'évaluation du risque

Pièce de la maison	Concentration de radon le jour (Bq.m ⁻³)	Concentration de radon la nuit (Bq.m ⁻³)
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

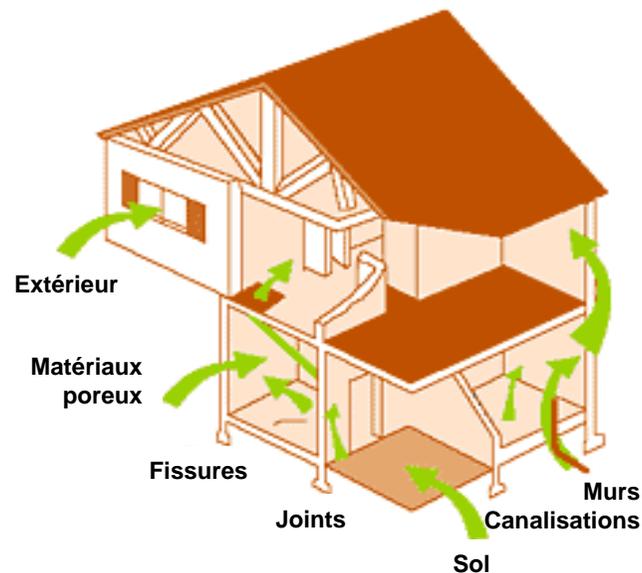
La maison de Bessines, une situation exceptionnelle mais pas unique au monde

- Maison à Gioux (23) : 40 000 Bq/m³
- Ecole de Bessines (87) : 1 200 à 1 600 Bq/m³
- A St-Pierre du Cantal (15) : 3 maisons sur 5 contrôlées > 1 000 Bq/m³ (dont un cas > 10 000 Bq/m³)
- En Pennsylvanie (USA) : Maison de Stanley Watras ~ 160 000 Bq/m³
- A Prescott (USA) dans les Granite Dells, jusqu'à 407 000 Bq/m³ dans une maison
- En Israël : école élémentaire à Jérusalem > 10 000 Bq/m³ dans un atelier en sous-sol
- En Slovénie, concentrations jusqu'à 5 600 Bq/m³ dans des jardins d'enfants
- En Autriche (village de Umhausen, Tyrol), concentrations jusqu'à 274 000 Bq/m³
- En Allemagne (Saxe et Bavière) : concentrations dans des maisons > 10 000 Bq/m³
- D'autres cas > 5 000 Bq/m³ dans des maison en Finlande, Suisse, Belgique,,,

*Connaissances
sur les effets sanitaires
du radon*

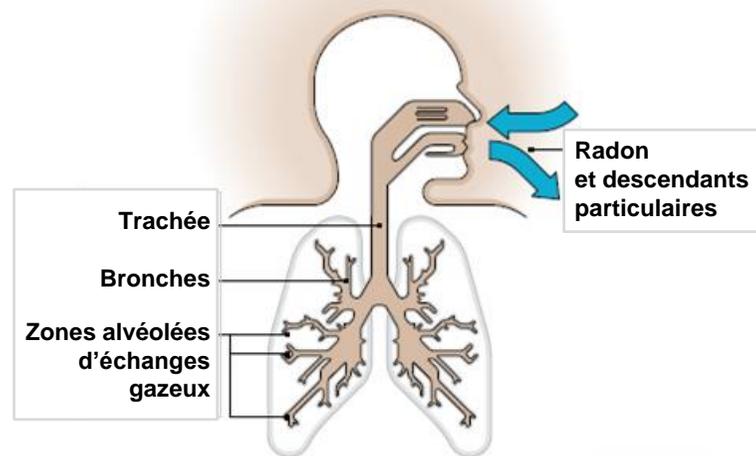
Radon et cancer du poumon

Gaz radioactif d'origine naturelle :
provient de la désintégration de l'uranium
présent dans les roches (granite)



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

Cancérogène pulmonaire certain pour
l'homme (classement OMS 1988)



Etudes épidémiologiques des risques associés au radon

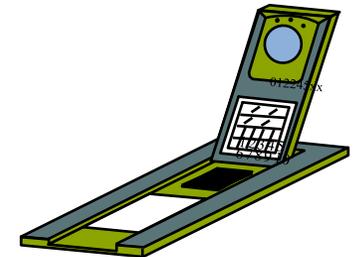
Etudes de mineurs

- Etudes mises en place à partir des années 60
 - Plus d'une vingtaine d'études dans le monde (dont en France)
 - Travailleurs ayant fait l'objet d'un suivi dosimétrique individuel
 - Suivi de la mortalité sur plusieurs décennies
- ➡ Excès de risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les mines



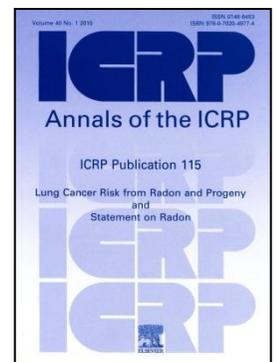
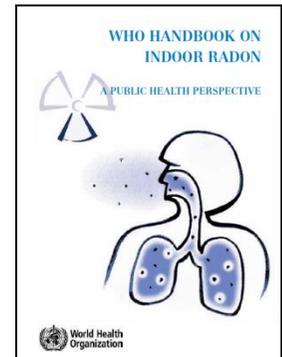
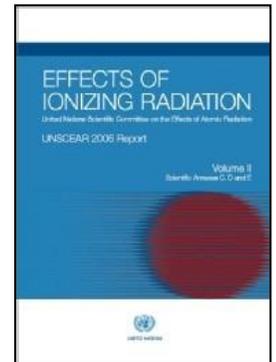
Etudes en population générale

- Etudes mises en place à partir des années 80
 - Plus d'une trentaine d'études dans le monde (dont en France)
 - Reconstruction de l'exposition domestique au radon (mesures dans les habitats des 20-30 dernières années)
 - Questionnaires : reconstruction détaillée de l'historique tabagique et autres facteurs de risque de cancer du poumon
- ➡ Excès de risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les habitations



Etat des connaissances sur les risques associés au radon

- Accroissement du risque de cancer du poumon avec l'exposition cumulée au radon
- Augmentation du **risque relatif** $\approx 16 \%$ pour 100 Bq.m^{-3} (concentration moyenne sur 25 années de résidence)
- Diminution de la force de l'association avec le **décali depuis l'exposition** : retour au risque d'une personne non-exposée au delà de 30 ans après la fin de l'exposition
- **Temps de latence** entre 5 et 30 ans
- Accroissement du risque pour les fumeurs comme pour les **non-fumeurs**
- **Interaction tabac-radon** entre l'effet additif et multiplicatif : tabac = 1^{er} facteur de risque / radon = facteur aggravant
- Bonne **cohérence des résultats** mineurs et population générale
- **Cancer du poumon** : aujourd'hui, seul effet démontré associé au radon
- Lacune de connaissances sur les effets des **expositions durant l'enfance**



Risque de cancer du poumon et exposition au radon durant l'enfance

- Aujourd'hui, il n'y a pas d'étude épidémiologique permettant d'estimer le risque de cancer du poumon dû à une exposition au radon durant l'enfance
- On suppose que les modèles dérivés des études épidémiologiques chez les adultes s'appliquent aux expositions durant l'enfance
- Chez l'enfant, une décroissance du risque relatif après la fin de l'exposition est vraisemblable mais n'est pas démontrée
Postuler l'absence de décroissance du risque après la fin de l'exposition pour les enfants est une hypothèse conservative

*Evaluation des risques
associés au séjour
dans la maison de Bessines*

Evaluation 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 :

1. Taux de base

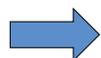
- Probabilité de décès par cancer du poumon « vie entière » (jusqu'à l'âge de 75 ans)
- Pour un individu n'ayant jamais fumé

2. Reconstitution de l'exposition

- Concentration dans chaque pièce de vie (mesures)
- Temps passé (entretiens avec l'ARS)

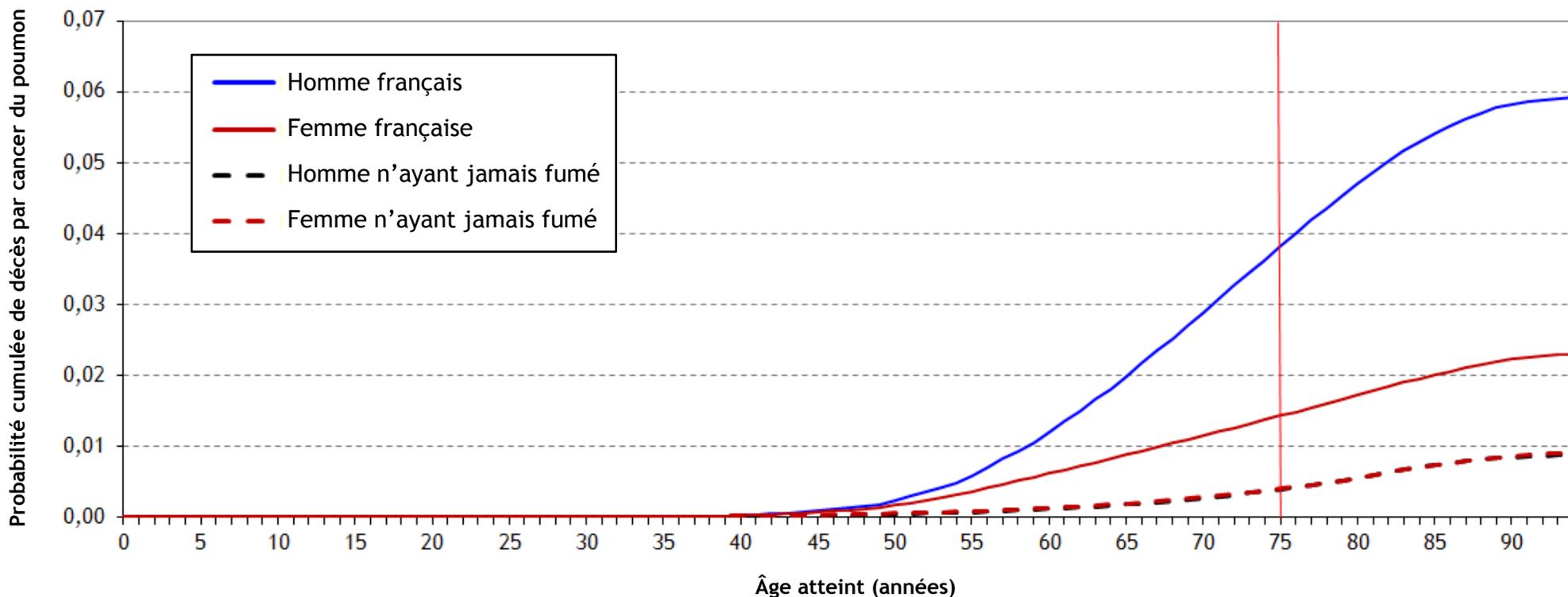
3. Modèle de risque

- Excès de risque relatif de 0,16 pour 100 Bq.m⁻³ pendant 25 années (étude européenne, Darby et al 2005)
- Cet excès de risque s'annule 30 ans après la fin de l'exposition ; persiste sur l'ensemble de la durée de vie (pour les enfants)



Probabilité de décès par cancer du poumon « vie entière » après exposition au radon

Risque de base de cancer du poumon « vie entière »



Probabilité cumulée à 75 ans

- Taux nationaux : Homme = 3,6 % ; Femme = 1,4 %
- Individus n'ayant jamais fumé : Homme = 0,36 % ; Femme = 0,37 %

Concentrations moyennes annuelles de radon

Moyennes annuelles estimées
sur la base des mesures réalisées dans la maison de Bessines-sur-Gartempe

Pièces de la maison	Concentration de radon le jour (Bq.m ⁻³)	Concentration de radon la nuit (Bq.m ⁻³)
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

Exposition annuelle moyenne au radon

Moyennes estimées sur la base des concentrations mesurées et du temps de séjour annuel pour plusieurs profils de séjour types

	Temps de séjour annuel (heures)	Exposition cumulée (Bq.m ⁻³ .h)
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
Enfant en garde périscolaire	400	6.10 ⁶
Enfant en nourrice	2 000	25.10 ⁶

Exposition moyenne pour un an de résidence en Haute-Vienne : 1,4.10⁶ Bq.m⁻³.h

Résultats de l'évaluation du risque

	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 »	Avis du groupe d'experts de l'INCa
Adulte travaillant à domicile	50 ans	20 ans	0,32 %	4,08 %	13,0	Suivi médical préconisé
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)	
Enfant en garde périscolaire	7 ans	4 ans	0,36 %	0,37 % (0,43 %)	<1,01 (1,2)	Pas de suivi médical préconisé
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

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

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

		Radon	
		Population générale	20 ans de résidence dans la maison
Tabac	Jamais fumé	0,32 %	3,2 %
	Fumeur régulier	3,2 %	6 % à 32 %

(effets additifs ou multiplicatifs)

Conclusions 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 les 3 groupes de personnes ayant séjourné dans la maison (habitants récents, enfants gardés, anciens gérants de la station service)**
 - **Augmentation du risque de décès par cancer du poumon pour les habitants récents ayant occupé la maison plus de 15 ans** (la probabilité vie entière est de l'ordre de 4% ,équivalente à celle associée à un tabagisme régulier)
 - **Augmentation beaucoup plus faible du risque de décès par cancer du poumon pour les enfants en garde** (la probabilité vie entière reste inférieure à 1 %)
 - **Augmentation faible ou nulle du risque de décès par cancer du poumon pour les anciens gérant mais pouvant atteindre un facteur 2 à 3 pour certains de leurs enfants**
- Pour les adultes, le risque relatif s'annule au delà de 30 ans après la fin de l'exposition
- Evaluation réalisée pour des individus non-fumeurs
Le cas échéant, **l'effet du tabac doit être considéré en sus de celui du radon**
- Détails de l'évaluation des risques sur www.irsn.fr

Recommandations

- **Information du médecin référent**
- Recommandation d'un **suivi de santé** en fonction de l'avis du groupe d'experts de l'Institut National du Cancer (www.e-cancer.fr/)
Risque Relatif estimé de cancer du poumon
 - inférieur à 2 → pas de suivi recommandé
 - entre 2 et 10 → à décider au cas par cas par un pneumologue
 - supérieur à 10 → suivi régulier après 45 ans par scanner thoracique faible dose
- **Eviter tout tabagisme** (compte tenu de la synergie entre radon et tabac) ou toute exposition à d'autres facteurs de risque de cancer du poumon