



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Épidémiologie et risques sanitaires liés au radon

Énora CLÉRO

Épidémiologiste, IRSN

Journée thématique ARRAD

*« Radon : un ancien problème
avec de nouvelles dimensions »*

Fribourg, 30 novembre 2018

© IRSN



Le radon et ses mécanismes d'action

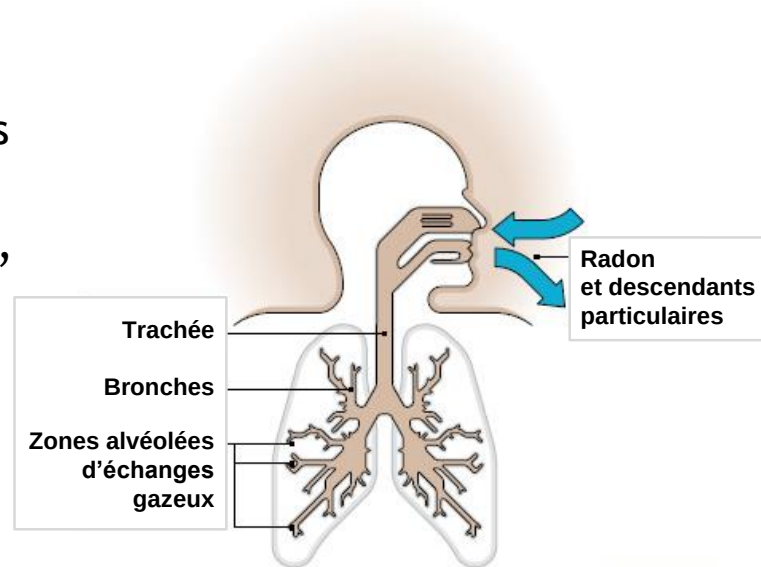
Inhalation du radon

- ❑ Exposition interne au radon et à ses descendants

Les radionucléides se distribuent dans le corps, principalement dans le poumon où ils se désintègrent en irradiant les tissus

Les modèles dosimétriques montrent que :

- ❑ > 90 % de la dose reçue est délivrée au poumon
- ❑ Doses délivrées aux autres organes $\approx$ 100 fois inférieures
- ❑ Mais, une part de cette dose peut être délivrée à la moelle osseuse (organe à risque pour la survenue de la leucémie)



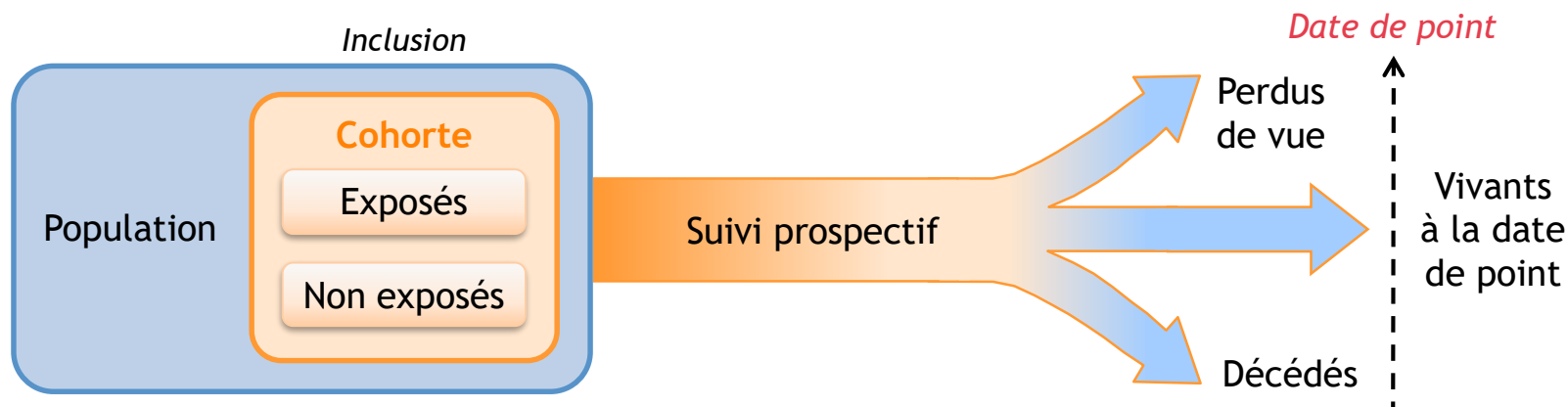
En 1988, le Centre International pour la Recherche contre le Cancer (CIRC-OMS) a classifié le radon comme **cancérogène pulmonaire** certain chez l'homme

- ❑ Etudes expérimentales *in vivo* et *in vitro* sur l'inhalation du radon chez l'animal (rat, hamster, chien)
- ❑ Etudes épidémiologiques chez les mineurs

Deux principaux types d'études à visée étiologique

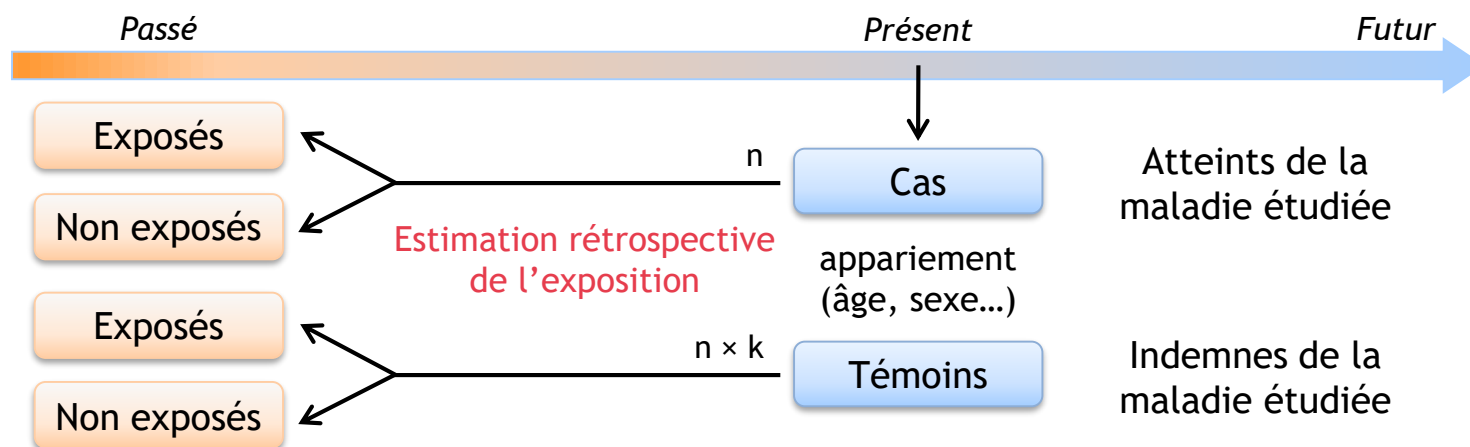
① Etudes de cohorte

Comparer la fréquence de survenue de la maladie dans 2 groupes : exposés et non exposés



② Etudes cas-témoins

Comparer la fréquence de l'exposition au facteur de risque dans 2 groupes : cas et témoins



Etudes épidémiologiques des risques associés au radon

① Mineurs d'uranium

(exposition professionnelle)



Etudes de cohorte

- ❑ Mises en place à partir des années 60
- ❑ Plus d'une vingtaine d'études
- ❑ Suivi dosimétrique individuel des travailleurs
- ❑ Suivi de la mortalité sur plusieurs dizaines d'années

➡ **Estimer le risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les mines / les habitations**

Données individuelles

Relation temporelle : la cause vers l'effet

1 facteur de risque → plusieurs maladies

Long et coûteux + Perdus de vue

Mal adapté en cas de maladies rares

② Population générale

(exposition domestique)



Etudes cas-témoins

- ❑ Mises en place à partir des années 90
- ❑ Plus d'une vingtaine d'études
- ❑ Reconstruction de l'exposition au radon
- ❑ Questionnaires : reconstruction détaillée de l'historique tabagique, autres facteurs de risque de cancer du poumon

Données individuelles

Relation temporelle : l'effet vers la cause

1 maladie → plusieurs expositions

Biais de sélection (choix des témoins)

+ mesure (reconstitution difficile des expos)

I. Etudes chez les mineurs

II. Etudes en population générale

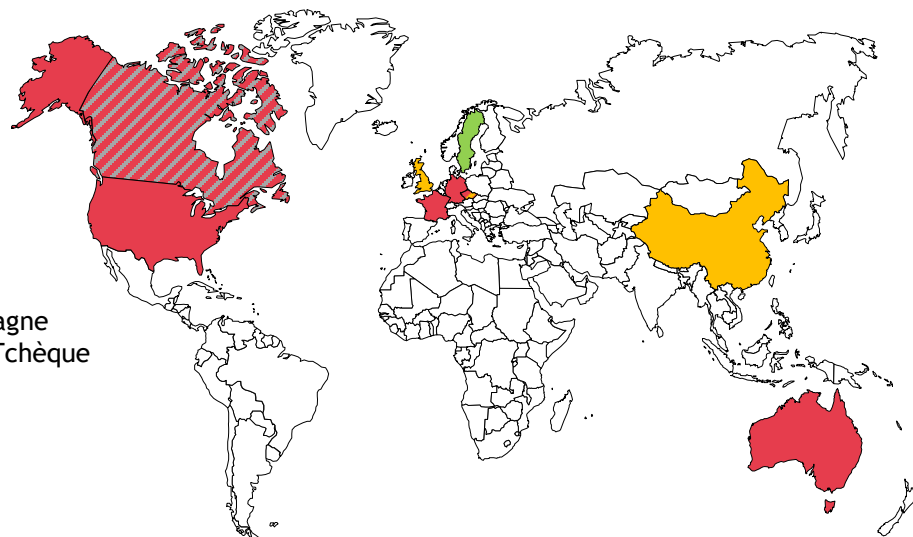
III. Evaluations d'impact sanitaire

Etudes chez les mineurs à travers le monde

Études épidémiologiques chez les mineurs :

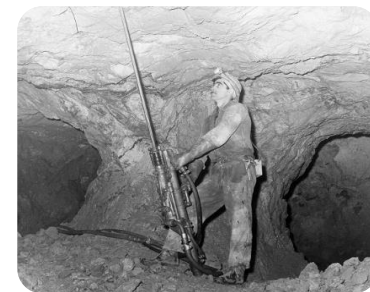
- Uranium**
Canada (Ontario, Port Radium, Beaverlodge)
Etats-Unis (Colorado, Nouveau Mexique)
République Tchèque (Bohème)
France, Allemagne, Australie
- Fluorine** - Canada (Newfoundland)

- Etain**
Chine
Grande-Bretagne
République Tchèque
- Fer** - Suède



■ Mineurs : population pertinente

- ❑ Exposition chronique aux rayonnements ionisants
- ❑ Exposition à des doses +/- faibles (selon la période et les cohortes)
- ❑ Bon suivi administratif et dosimétrique



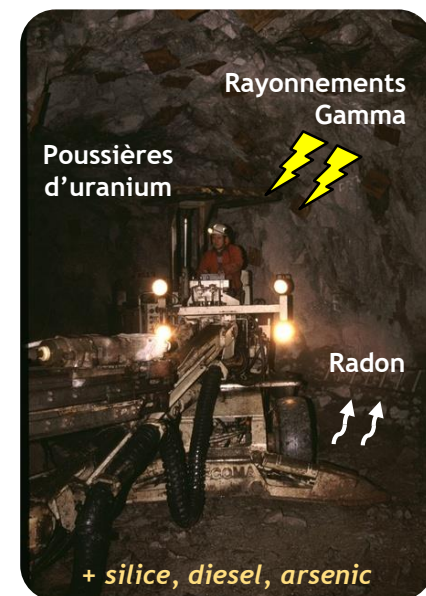
■ Intérêts en santé publique et radioprotection

- ❑ Affiner la connaissance des risques sanitaires radio-induits pour des doses faibles et de faibles débits de dose (apporter des éléments permettant de décrire les risques associés à l'exposition au radon, comprendre la forme des relations)
- ❑ Contribuer à l'amélioration des normes de radioprotection
- ❑ Contribuer à l'estimation des risques liés à l'exposition au radon domestique

Cohorte française des mineurs d'uranium (1/5)

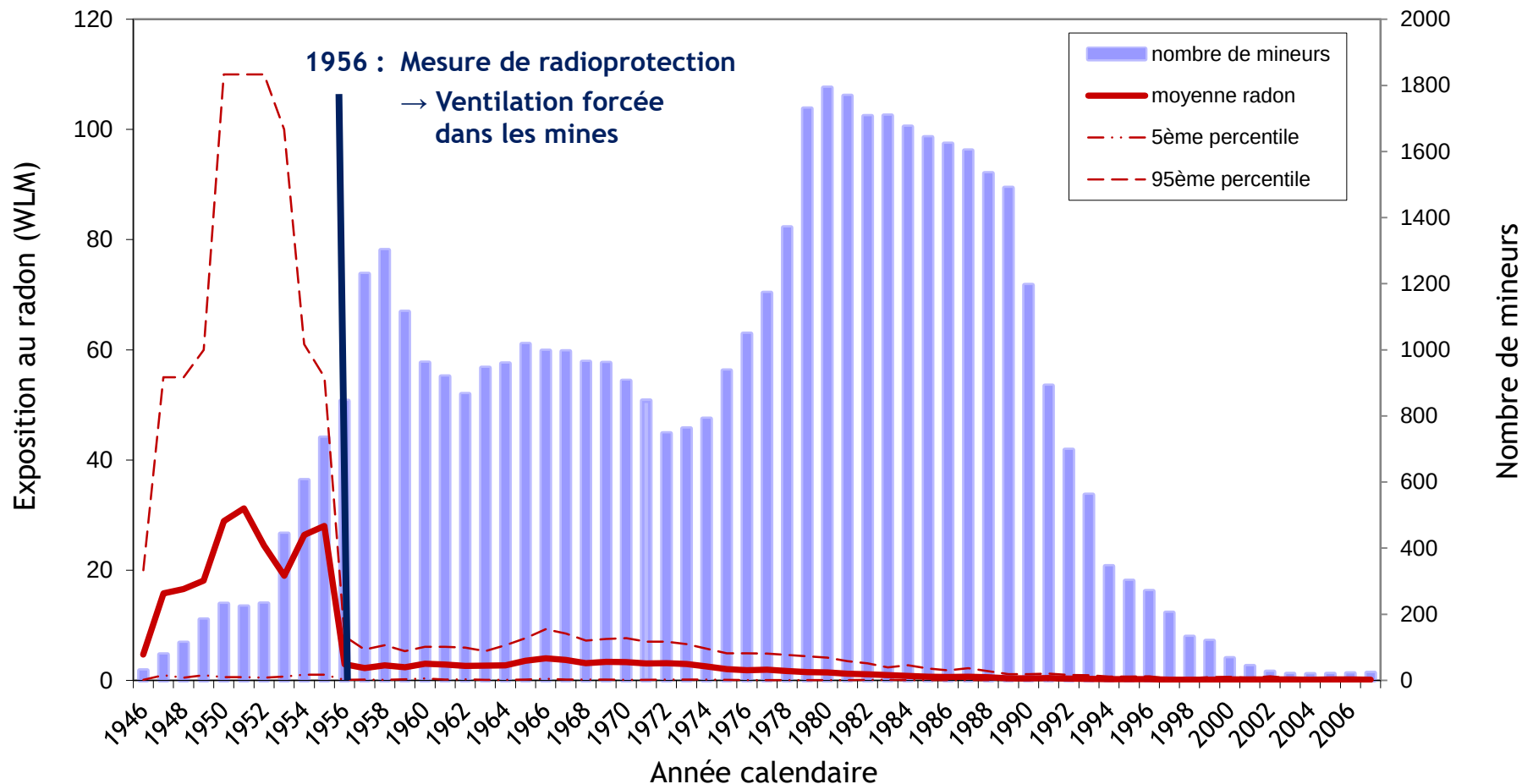
Etude épidémiologique

- ❑ Mise en place en 1982 (par IPSN et COGEMA)
- ❑ Inclusion des hommes ayant le statut mineur
- ❑ Embauchés à CEA-COGEMA entre 1946 et 1990
- ❑ Suivi reconstitué jusqu'en fin 2007 (nouveau suivi en cours → 2015)
- ❑ Recueil du statut vital et des causes de décès
- ❑ Estimation de l'exposition annuelle individuelle au radon (+ autres rayonnements ionisants : gamma, poussières d'uranium)



Cohorte française des mineurs d'uranium (2/5)

Distribution de l'exposition annuelle au radon (WLM)
dans la cohorte totale sur la période 1946-2007



Working Level Month : unité d'exposition au radon (concentration × temps de travail), 5 WLM $\Leftrightarrow$ 1 mSv (Travailleurs)

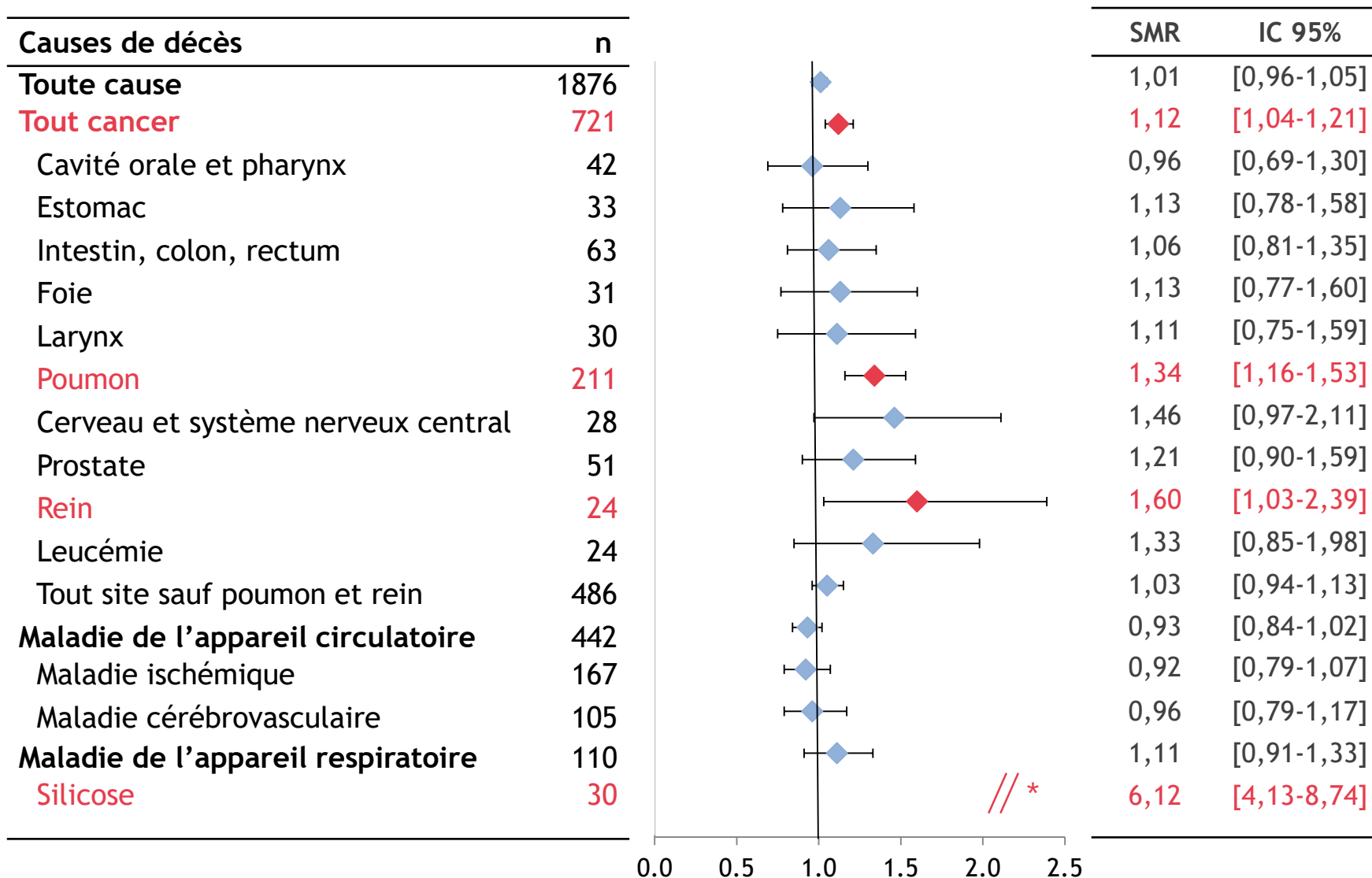
Cohorte française des mineurs d'uranium (3/5)

■ Caractéristiques de la cohorte française

Nombre de mineurs, n	5 086	
Période de suivi	1946 - 2007	
Personnes-Années, n	179 955	
Statut vital, n (%)		
Vivants à la fin du suivi	2 924 (57,5 %)	
Décédés	1 935 (38,0 %)	
<i>Décédés avec causes connues</i>	1 876	→ 3 % de données manquantes pour les causes de décès
<i>Décédés par cancer du poumon</i>	211	
Perdus de vue	40 (0,8 %)	
Âgés > 85 ans	187 (3,7 %)	
Suivi, moyenne (min-max)		
Âge à la fin de l'étude (années)	64,2 (20 - 85)	
Durée du suivi (années)	35,4 (0,1 - 61)	

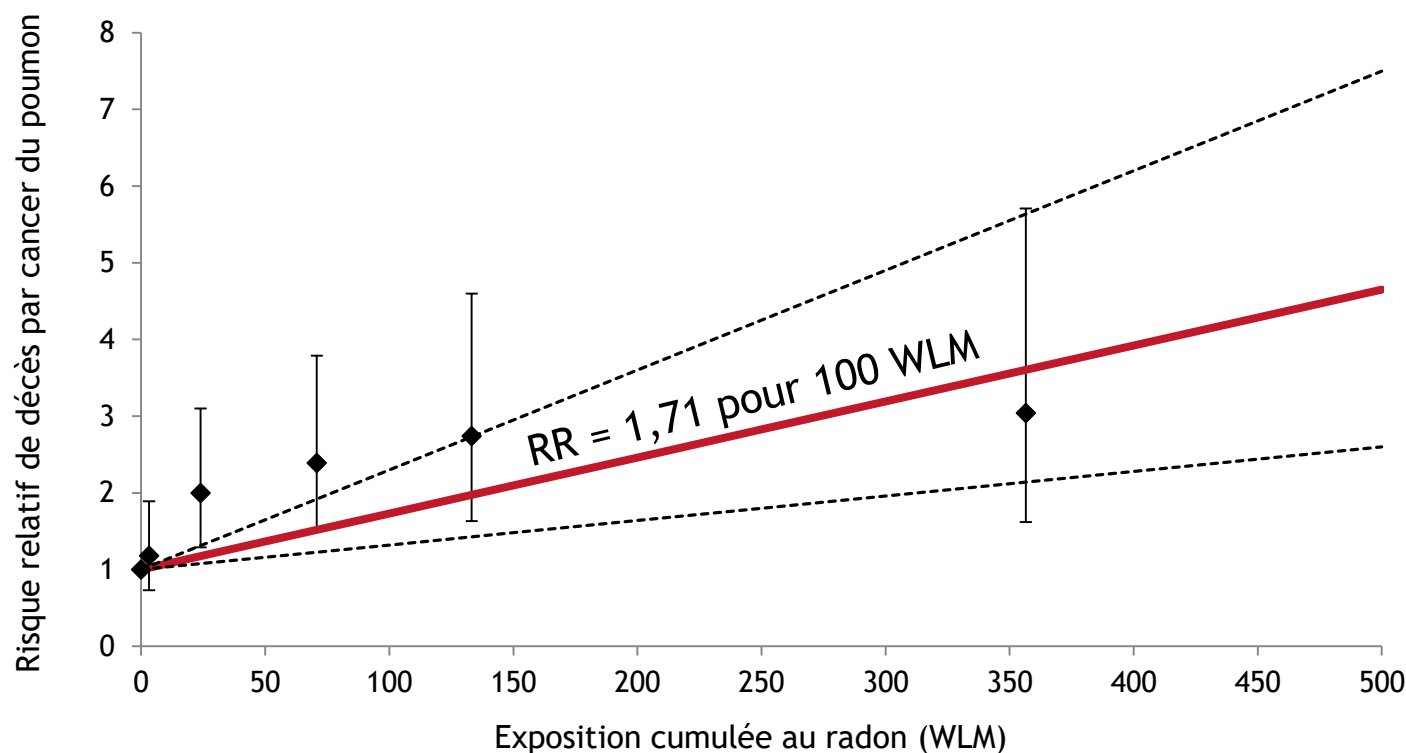
(Rage et al. Intern Arch Occup Envir Health 2015)

■ Mortalité par cancer du poumon (par rapport à la population générale)



Cohorte française des mineurs d'uranium (5/5)

Relation entre exposition au radon et risque de décès par cancer du poumon



➡ ERR = 0,71 [0,31 - 1,30]

↗ significative du risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon

Etude conjointe internationale de 11 cohortes de mineurs

Place	Country	Type of mine	Follow-up period	No. of miners	Cumulative exposure WLM	Person-years ^a	ERR per 100 WLM	SE
Yunnan	China	Tin	1976–1987	13,649	286.0	134,842	0.17	
W-Bohemia	Czech Republic	Uranium	1952–1990	4320	196.8	102,650	0.67	
Colorado	USA	Uranium	1950–1990	3347	578.6	79,556	0.44	
Ontario	Canada	Uranium	1955–1986	21,346	31.0	300,608	0.82	
Newfoundland	Canada	Fluorspar	1950–1984	1751	388.4	33,795	0.82	
Malmberget	Sweden	Iron	1951–1991	1294	80.6	32,452	1.04	
New Mexico	USA	Uranium	1943–1985	3457	110.9	46,800	1.58	
Beaverlodge	Canada	Uranium	1950–1980	6895	21.2	67,080	2.33	
Port Radium	Canada	Uranium	1950–1980	1420	243.0	31,454	0.24	
Radium Hill	Australia	Uranium	1948–1987	1457	7.6	24,138	2.75	
CEA-COGEMA	France	Uranium	1948–1986	1769	59.4	39,172	0.51	
Total				60,606	164.4	888,906	0.59	1.32

WLM, working level month; ERR, excess relative risk; SE, multiplicative standard error.

^a Among exposed.

(BEIR VI, 1999)

Etudes chez les mineurs d'uranium : risque associé au radon et tabac



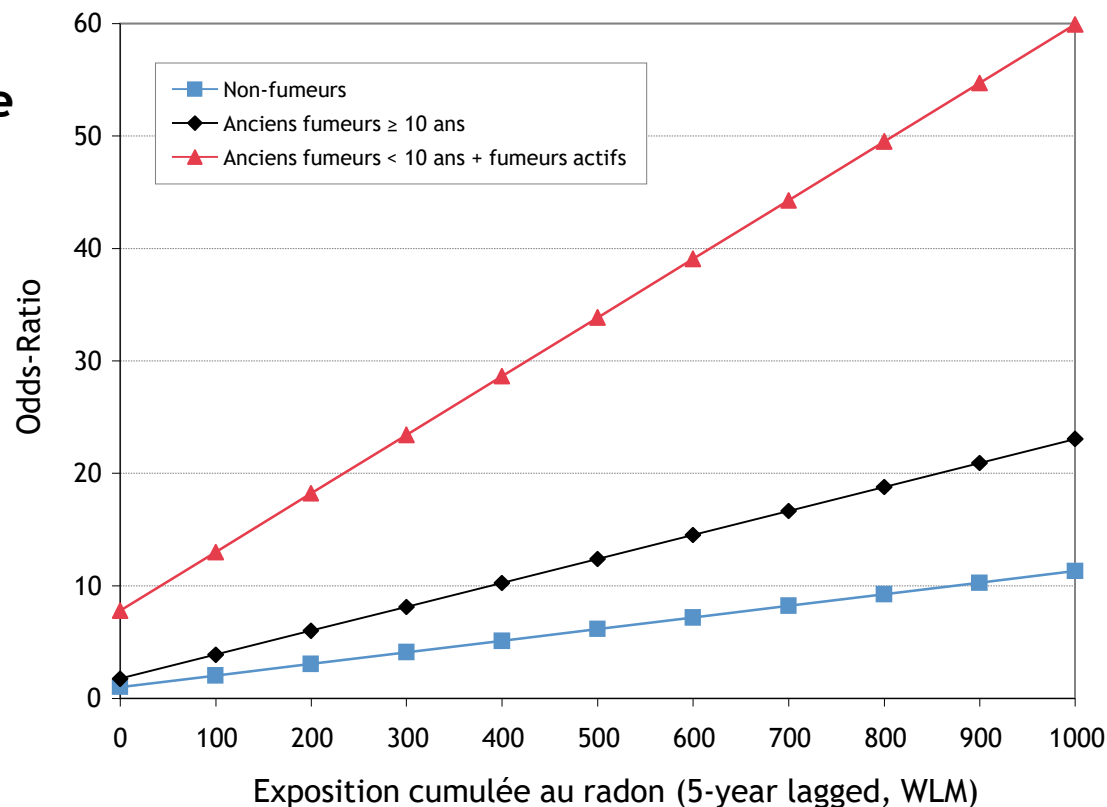
Statut tabagique Etude conjointe européenne

Étude cas-témoins nichée

- France
- Allemagne
- République Tchèque

1 236 cas (cancers du poumon)

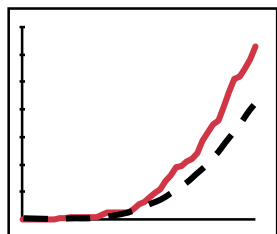
2 678 témoins



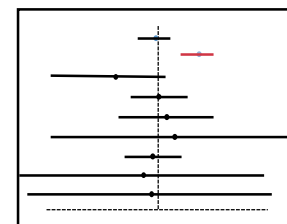
➡ Persistance de la relation avec le radon après prise en compte du tabac
Augmentation du risque dans chaque catégorie de tabagisme
Interaction sub-multiplicative

(Leuraud et al. Radiat Res 2011)

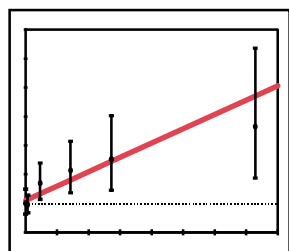
Etudes chez les mineurs : principaux résultats



Excès de mortalité par cancer du poumon



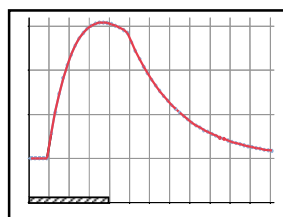
Doutes sur l'existence de risques hors cancer du poumon (leucémie, rein, estomac, cardiovasculaire...)



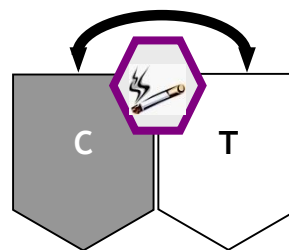
Relation radon - risque de cancer du poumon

Persistence chez les mineurs faiblement exposés

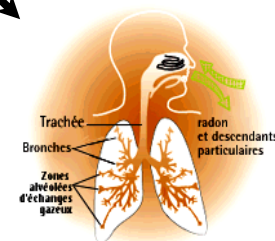
Persistence après prise en compte des erreurs de mesure



Diminution du risque avec le délai depuis l'exposition



Persistence du risque après ajustement sur le tabac



Contribution majoritaire du radon à la dose au poumon (gamma, poussières d'uranium)

Etude internationale chez les mineurs d'uranium

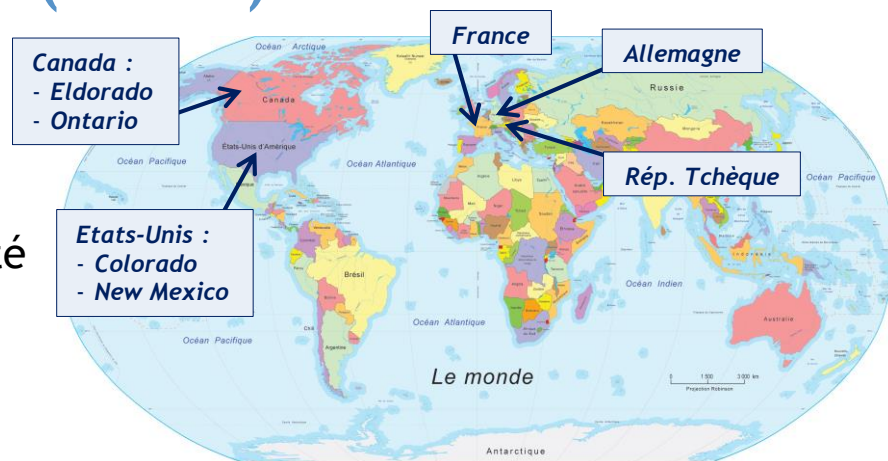
Pooled Uranium Miners Analysis (PUMA)

Objectif général

Constituer une large cohorte internationale de mineurs d'uranium :

- Affiner les estimations de risque de mortalité
- Estimer les risques de mortalité au sein de sous-groupes de population

Cohortes incluses dans l'étude PUMA



Pays	Institution	N	Période de suivi	Durée de suivi (ans)
Canada, Ontario	CCO	28 546	1954-2007	33
Canada, Eldorado				
Hommes	UCSF	13 574	1950-1999	31
Femmes	UCSF	1 073	1950-1999	31
République Tchèque	SURO	9 978	1952-2010	31
France	IRSN	5 086	1946-2007	35
Allemagne				
Hommes	BfS	54 919	1946-2013	40
Femmes	BfS	3 725	1946-2013	40
USA, Colorado Plateau	NIOSH	4 137	1960-2005	30
USA, New Mexico	UNC/USC	3 469	1943-2012	37
Etude conjointe (total)		124 507		

I. Etudes chez les mineurs

II. Etudes en population générale

III. Evaluations d'impact sanitaire

Radon domestique et cancer du poumon : études cas-témoins

Auteur	Année de publication	Région	Cas/témoins	RR par 100 Bq.m ⁻³	IC 95 %
Schoenberg	1990	USA (New Jersey)	480/442	1,49	0,89 - 1,89
Blot	1990	Chine	308/356	0,95	* - 1,08
Pershagen	1992	Suède	201/378	1,16	0,89 - 1,92
Pershagen	1994	Suède	1 281/2 576	1,10	1,01 - 1,22
Letourneau	1994	Canada	738/378	0,98	0,87 - 1,27
Alavanja	1994	USA (Missouri)	538/1 183	1,08	0,95 - 1,24
Auvinen	1996	Finlande	517/517	1,11	0,94 - 1,31
Ruosteenoja	1996	Finlande	164/331	1,80	0,90 - 3,50
Darby	1998	Grande-Bretagne	982/3 185	1,08	0,97 - 1,20
Alavanja	1999	USA (Missouri)	247/299	0,85	0,73 - 1,00
			372/471	1,63	1,07 - 2,93
Field	2000	USA (Iowa)	413/614	1,24	0,95 - 1,92
Kreienbrock	2001	Allemagne	1 449/2 297	0,97	0,82 - 1,14
Pisa	2001	Italie	138/291	1,40	0,30 - 6,66
Lagarde	2001	Suède	436/1 649	1,10	0,96 - 1,38
Wang	2002	Chine	763/1 659	1,19	1,05 - 1,47
Lagarde	2002	Suède	110/231	1,33	0,88 - 3,00
Kreuzer	2003	Allemagne	1 192/1 640	1,75	0,96 - 5,30
				1,08	0,97 - 1,20
Baysson	2004	France	486/984	1,04	0,99 - 1,11
Bohicchio	2005	Italie	384/404	1,14	0,89 - 1,46
Wichmann	2005	Allemagne	2 963/4 232	1,10	0,98 - 1,30
Sandler	2006	USA (Connecticut, Utah)	1 474/1 811	1,002	0,79 - 1,21
Wilcox	2008	USA (New Jersey)	561/740	1,05	0,86 - 1,56
Turner	2011	USA	3 493/811 961	1,15	1,01 - 1,31
Brauner	2012	Danemark	589/52 692	1,04	0,69 - 1,56

Etude cas-témoins en France (1/3)

(Baysson et al. Epidemiology 2004)

Objectif

- ❑ Déterminer si le risque de décès par cancer du poumon est associé à l'exposition au radon domestique

Protocole

- ❑ Période d'étude : 1992 - 1998
- ❑ Sujets recrutés en Auvergne, Limousin, Bretagne (sols granitiques) + Languedoc-Roussillon (zone sédimentaire riche en radon)
- ❑ 486 cas de cancer du poumon recrutés dans 5 hôpitaux universitaires
- ❑ 984 témoins recrutés dans les hôpitaux des mêmes régions (appariement sur âge, sexe et hôpital)

Facteurs de risque

- ❑ Mesures de radon réalisées pendant 6 mois avec 2 dosimètres (salon, chambre) dans chaque domicile occupé durant les 30 dernières années
- ❑ Questionnaire :
 - ✓ Habitudes de vie (ventilation, chauffage)
 - ✓ Habitudes tabagiques
 - ✓ Expositions professionnelles, antécédents médicaux, niveau d'études...

Etude cas-témoins en France (2/3)

(Baysson et al. *Epidemiology* 2004)

Résultats descriptifs

- ❑ Exposition au radon reconstituée sur plus de 20 ans
- ❑ Concentration de radon (à partir de 2 195 adresses)
 - ✓ Moyenne = 141 Bq.m⁻³
(de 53 Bq.m⁻³ en Languedoc-Roussillon à 187 Bq.m⁻³ en Limousin)
 - ✓ Médiane = 79 Bq.m⁻³ chez les cas / 77 Bq.m⁻³ chez les témoins

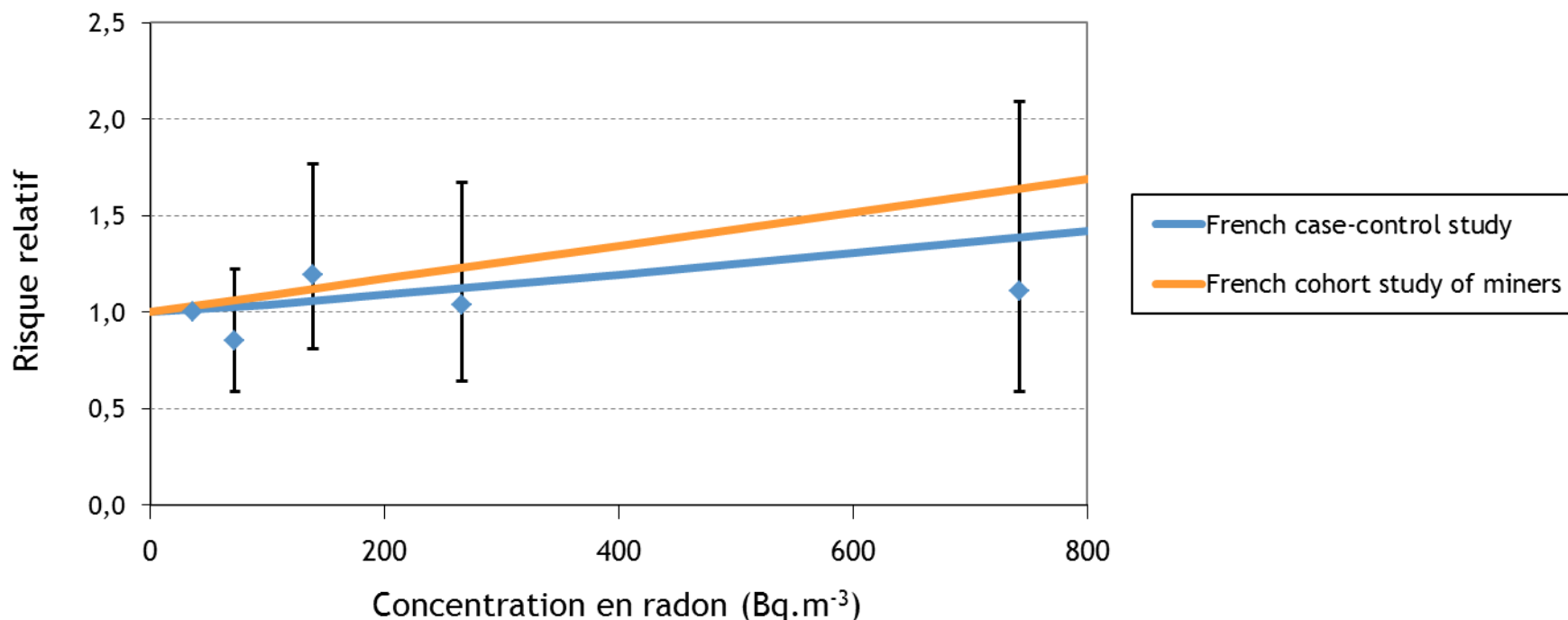
Risque de cancer du poumon associé au radon

- ❑ RR = 1,04 par 100 Bq.m⁻³ IC_{95%} = [0,99 - 1,11]
(ajusté sur l'âge, le sexe, la région, le tabac et les expositions professionnelles)
- ❑ RR = 1,07 par 100 Bq.m⁻³ IC_{95%} = [1,00 - 1,14]
(analyse restreinte aux sujets dont l'exposition a pu être mesurée sur la totalité des 30 dernières années, n=850)
- ❑ Ce risque reste faible par rapport au risque associé au tabac

Etude cas-témoins en France (3/3)

Discussion

- ❑ Résultat concordant avec les résultats issus des études précédentes
- ❑ Résultat concordant avec les extrapolations des études sur les mineurs



Si 1 WLM $\approx$ 230 Bq.m⁻³ pendant 1 an $\rightarrow$ RR = 1,09 par 100 Bq.m⁻³

Etude cas-témoins européenne (1/3)

3 études conjointes

Groupe		Etudes <i>n</i>	Cas <i>n</i>	Témoins <i>n</i>	RR / 100 Bq.m ⁻³ (IC 95%)
Européen	<i>Darby 2005</i>	13	7 148	14 208	1,08 (1,03 - 1,16)
Nord Américain	<i>Krewski 2006</i>	7	3 662	4 966	1,10 (0,99 - 1,26)
Chinois	<i>Lubin 2004</i>	2	1 050	1 995	1,13 (1,01 - 1,36)

➡ ↗ risque relatif d'environ 10 % par 100 Bq.m⁻³

Etude conjointe européenne en population générale

- ❑ 13 études dans 9 pays : Allemagne, Belgique, Espagne, Finlande, France, Italie, Grande-Bretagne, République Tchèque, Suède
- ❑ Protocole standardisé :
 - ✓ Critères d'inclusion identiques
 - ✓ Questionnaire commun
 - ✓ Reconstruction de l'exposition domestique sur 30 ans
 - ✓ Inter-comparaison des méthodes de mesure
 - ✓ Analyse conjointe des données individuelles
- ❑ Effectif : 7 148 cas / 14 208 témoins

Etude cas-témoins européenne (2/3)

(Darby et al. BMJ 2005)

- Concentration moyenne dans l'habitat

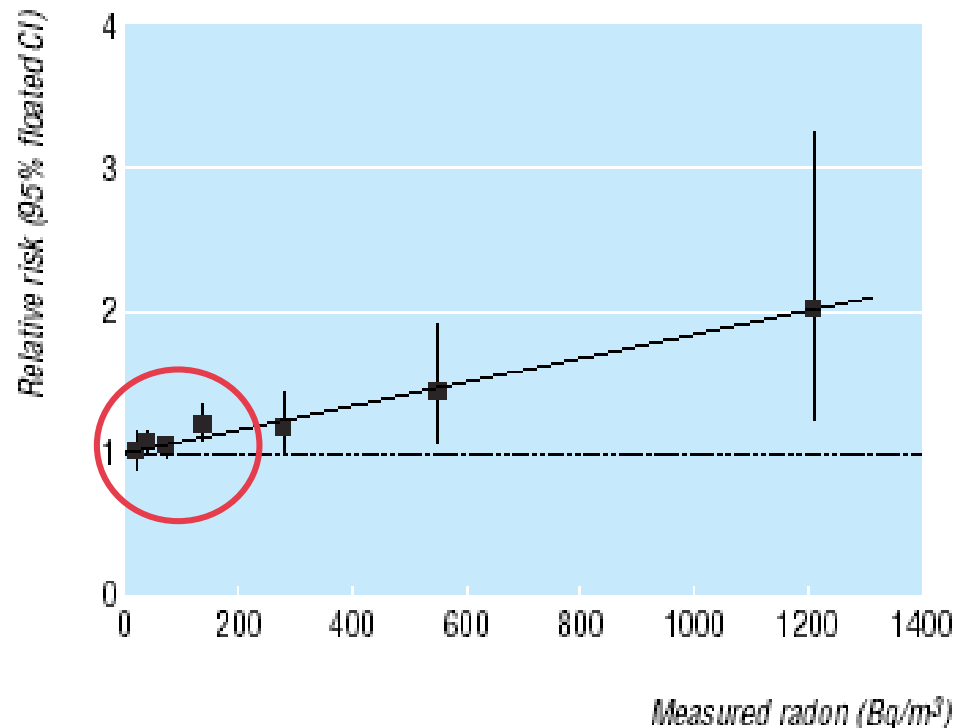
Cas = 104 Bq.m⁻³

Témoins = 97 Bq.m⁻³

- ↗ risque de cancer du poumon avec la concentration de radon

RR = 1,08 par 100 Bq.m⁻³ [1,03 - 1,16]

RR = 1,16 par 100 Bq.m⁻³ [1,05 - 1,31]
après prise en compte des incertitudes liées aux estimations des concentrations de radon

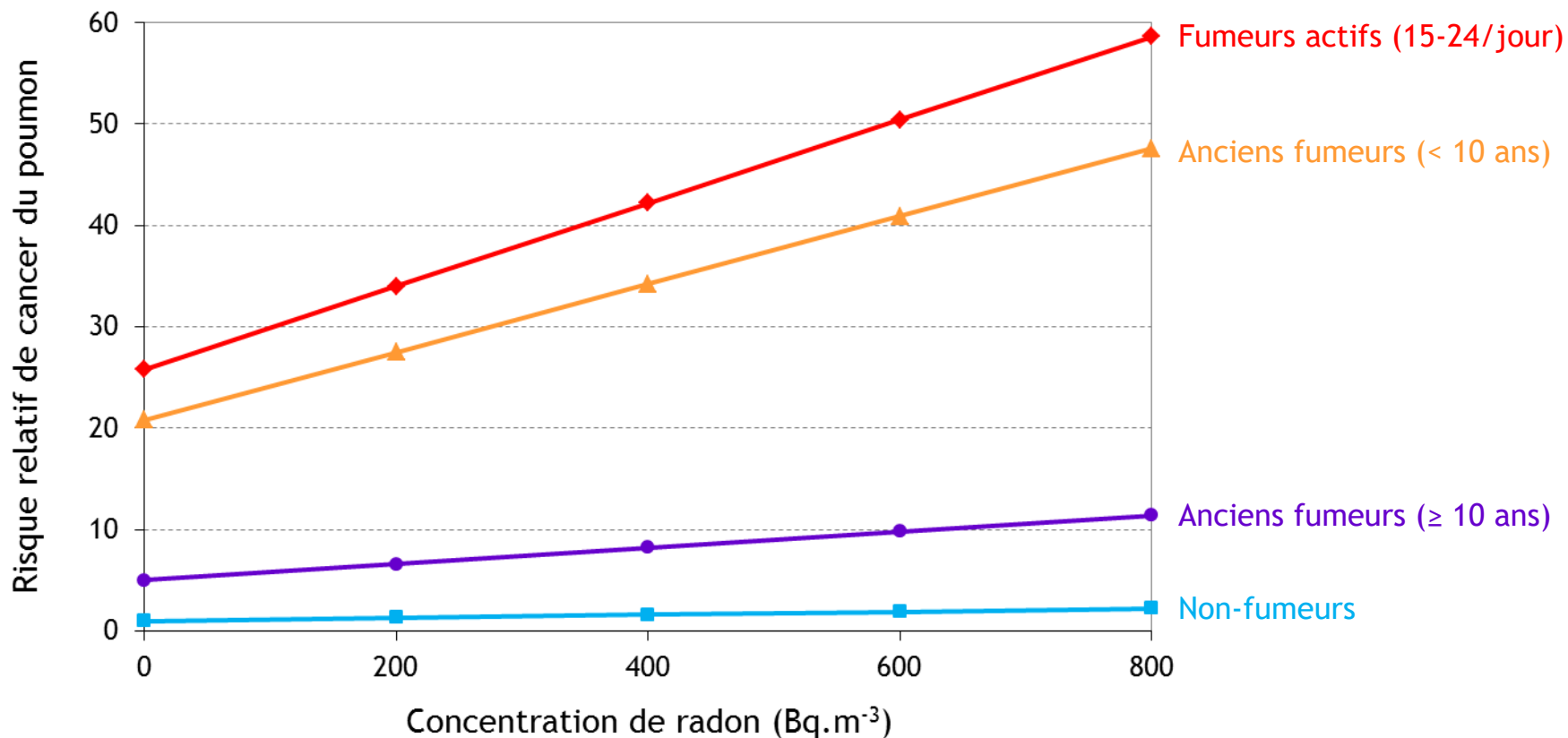


- Relation significative pour les expositions < 200 Bq.m⁻³

Etude cas-témoins européenne (3/3)

(Darby et al.
Scand J Work Environ Health 2006)

□ Effet conjoint du radon et du tabac



➡ Relation significative persiste chez les fumeurs et les non-fumeurs

Etudes cas-témoins sur le radon domestique et le risque de cancer du poumon : conclusion

- ❑ Une vingtaine d'études épidémiologiques depuis 1990
- ❑ Puissance des études individuelles généralement insuffisante pour conclure à une association significative
- ❑ Trois analyses conjointes :
 - ✓ Preuve claire d'association :
Augmentation du risque de cancer du poumon avec l'exposition cumulée au radon dans l'habitat, après une stratification détaillée sur le statut tabagique
 - ✓ La relation dose-réponse semble être linéaire, sans élément en faveur de l'existence d'un seuil

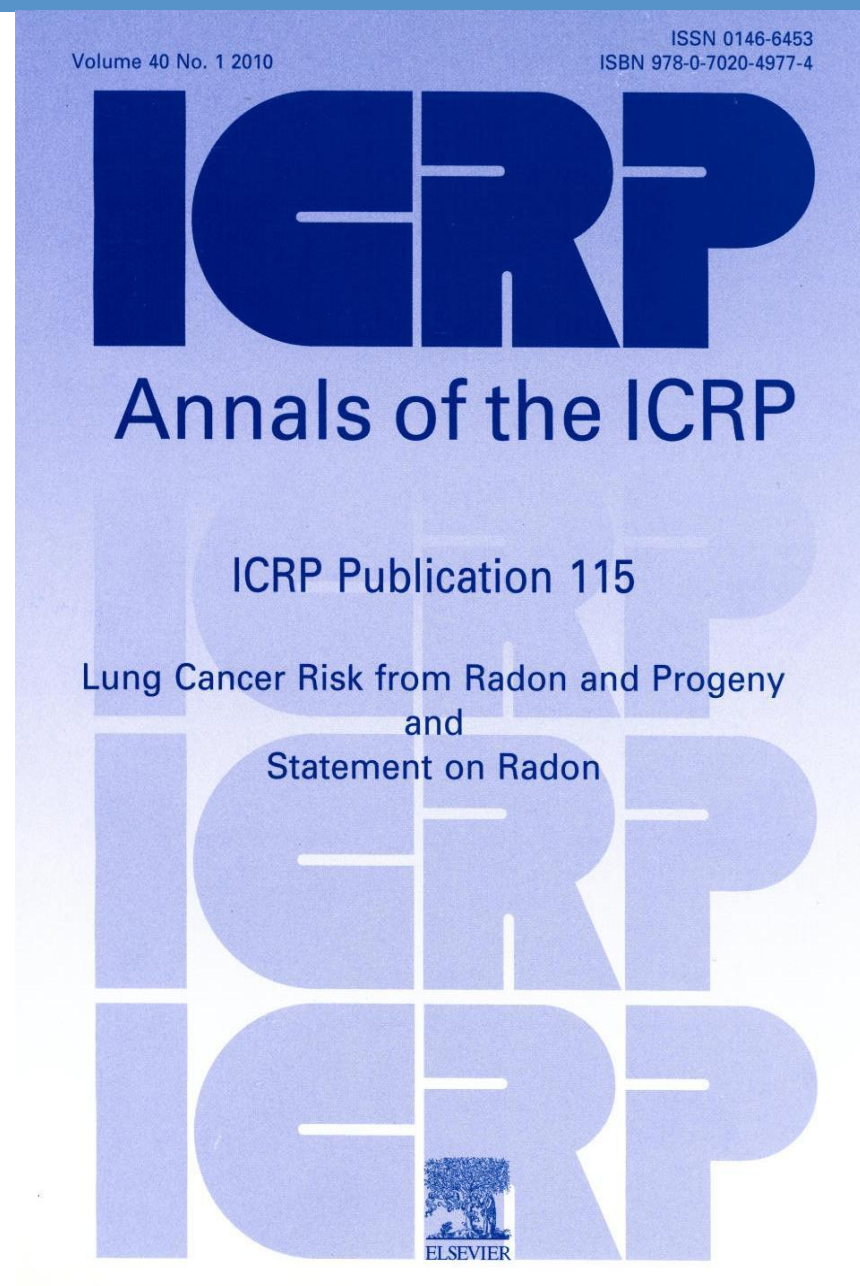
➡ État des connaissances sur les risques associés au radon

- ❑ **Cancer du poumon** : aujourd'hui, seul effet démontré associé au radon
(études sur leucémie, cancer de la peau, du cerveau, de l'estomac)
- ❑ Bonne **cohérence des résultats** mineurs et population générale
- ❑ Augmentation du **risque relatif $\approx 16\%$ pour $\nearrow 100 \text{ Bq.m}^{-3}$**
(concentration moyenne sur 25 années de résidence)
- ❑ **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
- ❑ Lacune de connaissances sur les effets des **expositions durant l'enfance**

Nouvelle évaluation du risque radon

Publication CIPR 115 (2010)

- ❑ Mise à jour de la revue de la littérature scientifique depuis la publication CIPR 65 (1993)
- ❑ Bonne concordance des estimations de risque chez les mineurs peu exposés et de celles en population générale
- ❑ Aucune preuve de risque associé au radon, en dehors du cancer du poumon
- ❑ Calcul du détriment vie entière du cancer du poumon dû au radon et à ses descendants



Facteurs de conversion de dose pour le radon

« Approche épidémiologique » pour les hommes travailleurs

	Risque vie entière de cancer du poumon (WLM ⁻¹)	Détriment (Sv ⁻¹)	Dose efficace (mSv.WLM ⁻¹)
1993	2,8.10 ⁻⁴ (CIPR 65)	5,6.10 ⁻² (CIPR 60)	5
2010	5.10 ⁻⁴ (CIPR 115)	4,2.10 ⁻² (CIPR 103)	12



(Marsh et al. Health Phys 2010)

- ➡ Augmentation du risque vie entière dans la CIPR 115 par rapport à la CIPR 65
- ➡ Valeur du facteur de conversion : 3,3 mSv par mJ.h.m⁻³ (≈ 12 mSv.WLM⁻¹) Publication CIPR 137 (2018)

I. Etudes chez les mineurs

II. Etudes en population générale

III. Evaluations d'impact sanitaire

Evaluation quantitative du risque de cancer du poumon en France métropolitaine

1^{ère} évaluation au niveau national (*Catelinois et al. Environ Health Perspect 2006*)

→ **Estimer le nombre de décès par cancer du poumon attribuables à l'exposition au radon domestique en France**

1 Identification de la population

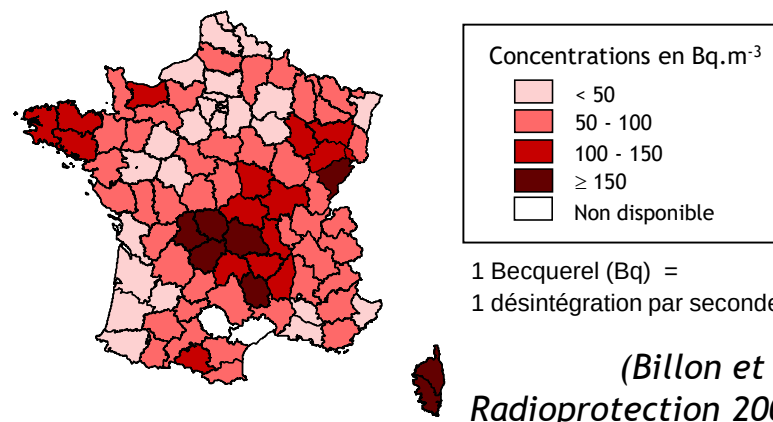
- Recensement (Insee 1999)
- Taux de mortalité (Inserm 1999)
- Pourcentages de fumeurs (Insee-Credes)

2 Estimation de l'exposition au radon domestique

- Campagne de mesures (IRSN-DGS, 1982-2003)

3 Choix du modèle de relation exposition-risque

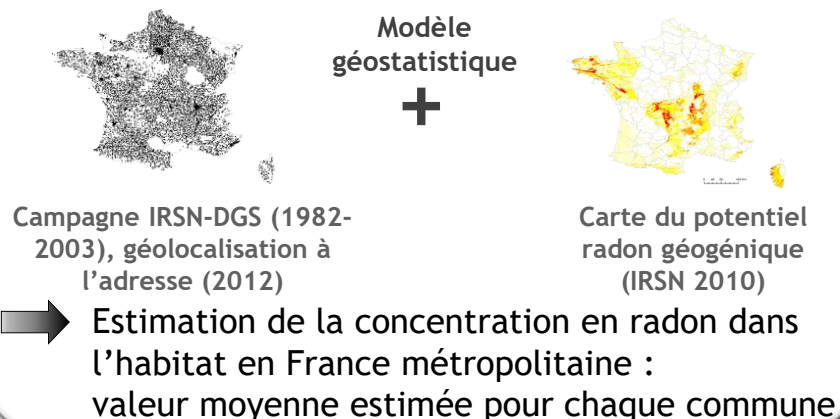
- Études sur la population générale (Darby 2005)
- Études sur les mineurs (BEIR VI 1999)
- Interaction radon-tabac (BEIR VI 1999)



➡ Entre **2 à 12 %** des décès par cancer du poumon en France (n = 500 à 3 000) seraient **attribuables à l'exposition au radon** dans l'habitat chaque année (considération des différents modèles, de l'incertitude autour des coefficients de risque et de la variabilité du radon)

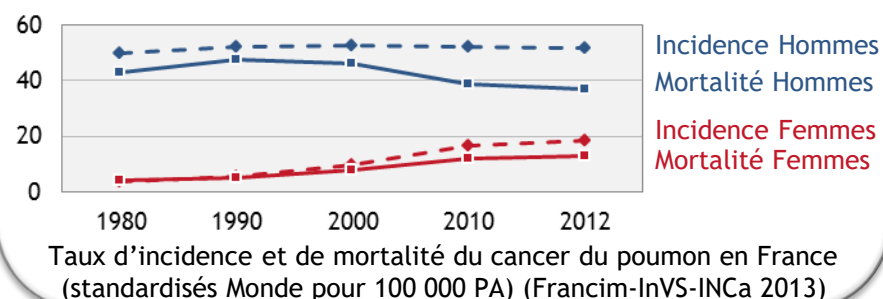
Pourquoi faire une nouvelle évaluation en France ?

① Amélioration des données sur le radon :



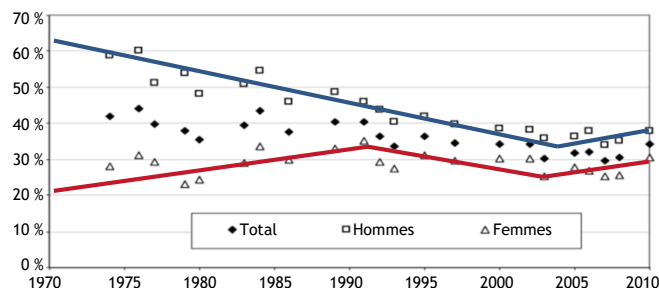
② Variation temporelle des données sur le cancer du poumon :

Nette augmentation observée chez les femmes en incidence et mortalité



③ Évolution des données sur le tabac :

Changement global du tabagisme actuel par sexe



(Enquêtes CFES 1974-2000 ; Inpes 2003, 2005 et 2010)

④ Limites des modèles de risque des études sur les mineurs :

- ❑ Extrapolation des fortes doses aux faibles doses
- ❑ Transposition d'une population de mineurs à la population générale

➔ Étude européenne détaillée sur le radon dans l'habitat avec plusieurs coefficients

(Darby et al. BMJ 2005 ;
Darby et al. Scan J Work Environ Health 2006)

Matériels et méthodes : évaluation d'impact sanitaire

Population

par sexe, classe d'âge de 5 ans
et commune (Insee 2012)

Mortalité par cancer du poumon

par sexe, classe d'âge de 5 ans
et commune (CépiDc 2008-2012)

Exposition au radon

par commune (IRSN 2012)

Exposition au tabac

par sexe, au niveau national
(Inpes 2014)

Modèle de relation exposition-risque

ERR = 0,16 par 100 Bq.m⁻³
sur une durée de 30 ans
(Darby et al. BMJ 2005)

Fraction attribuable (PAF) et nombre de décès attribuable

→ Radon (commune)

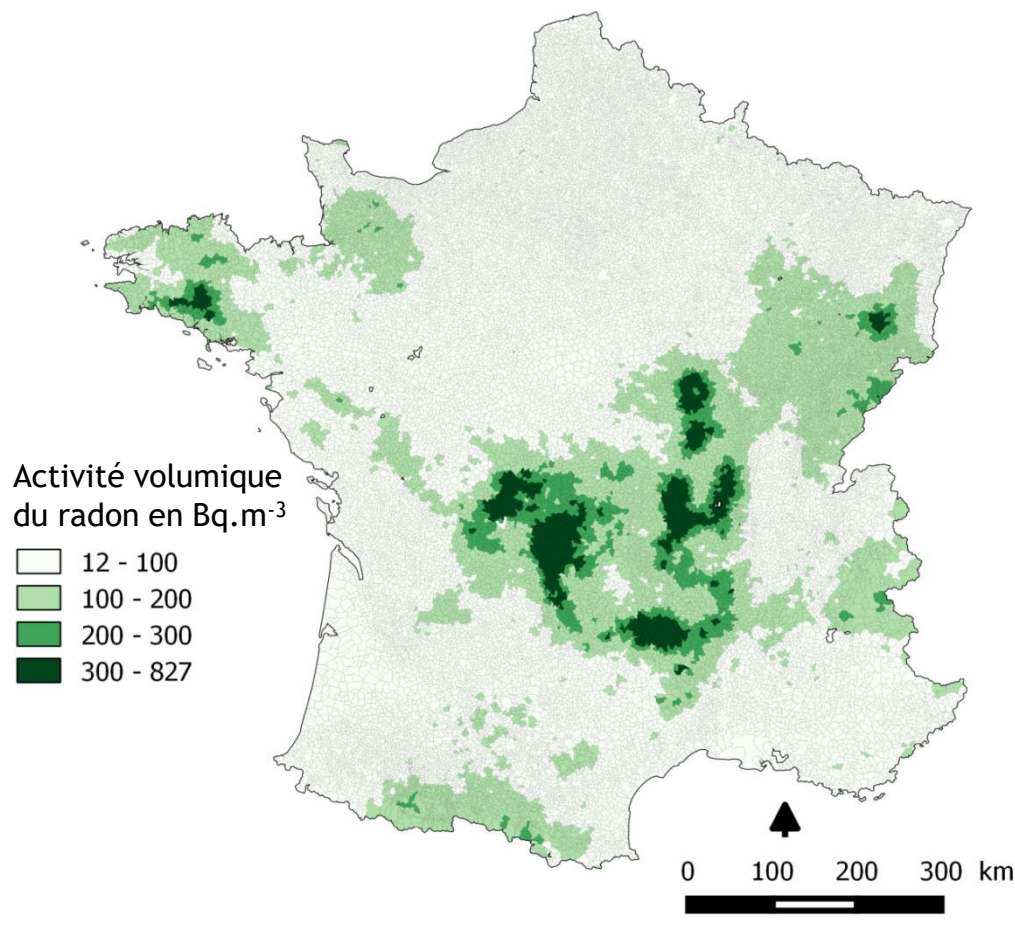
$$RR_{ville} = 1 + \beta radon_{ville}$$

$$PAF_{ville} = (RR_{ville} - 1) / RR_{ville}$$

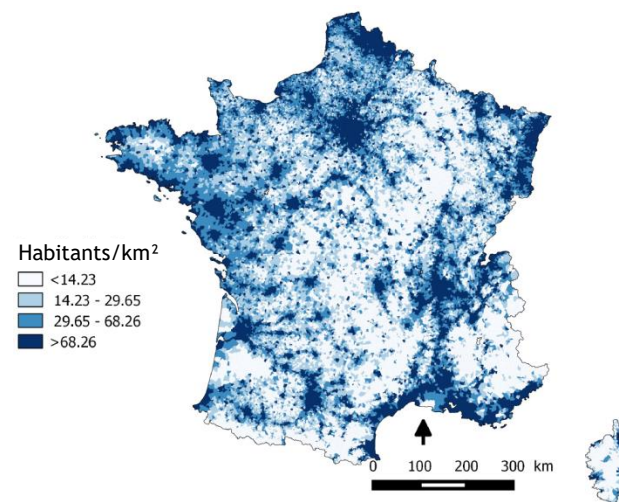
$$NA_{age,sexe,ville} = PAF_{ville} \times N_{total_{age,sexe,ville}}$$

→ Effet combiné radon-tabac (national)
(Bochicchio et al. Rad Measurements 2013 ;
Pesch et al. IJC 2012)

Concentration en radon dans l'habitat



Densité de population (2012)

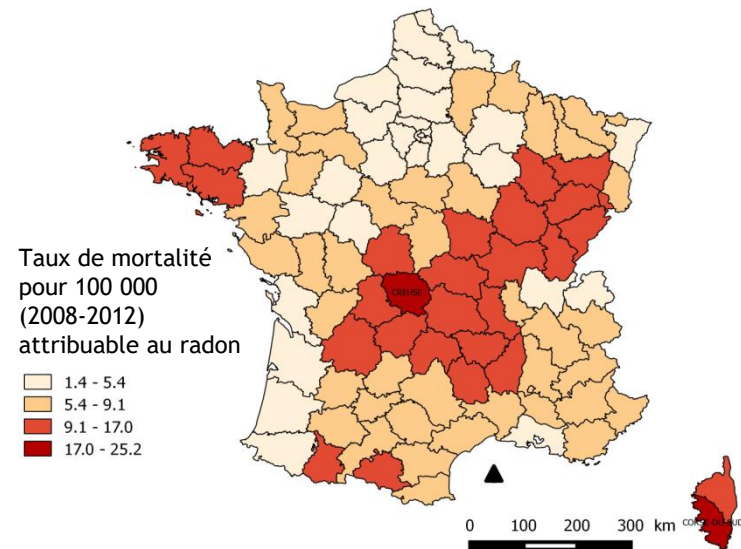
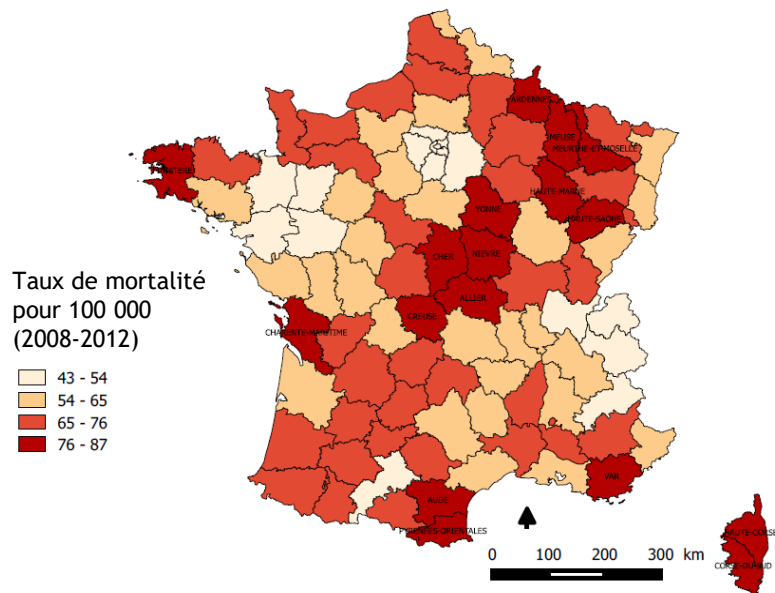


Concentration moyenne en radon

Brute : **92 Bq.m^{-3}**

Pondérée sur la population : **69 Bq.m^{-3}**

Cancers du poumon en France métropolitaine



Nombre de décès moyen

Total : 29 690

Hommes

22 230

(75 %)

Femmes

7 459

(25 %)

Nombre de décès attribuables

Total : 2 924 [1 007 - 5 069]
sur 29 690 observés en France

Hommes

2 199

[757 - 3 811]

Femmes

725

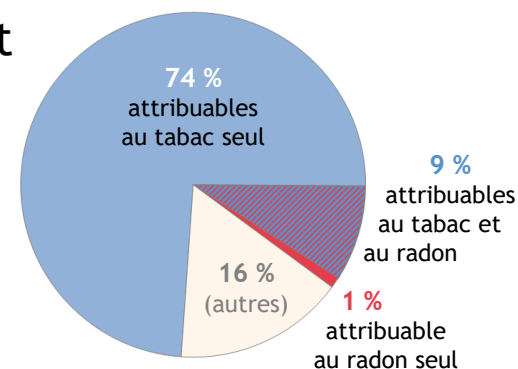
[250 - 1 258]



Fraction attribuable : 10 % [3 - 17]

Evaluation d'impact sanitaire du radon : conclusion

- Le nombre annuel de décès par cancer du poumon attribuables à l'exposition domestique au radon en France métropolitaine est de **3 000 [1 000 - 5 000]**, ce qui correspond à une fraction attribuable de **10 % [3 - 17]**
- Parmi ce nombre de décès estimé,
66 % surviendraient pour des expositions $\leq 100 \text{ Bq.m}^{-3}$
→ ceci concernerait 84 % de la population française et 71 % des communes
- La prise en compte de la **consommation tabagique** montre que :
 - le nombre de décès est **≈ 3 fois plus** élevé chez les **fumeurs actuels**
 - **20 %** des décès attribuables au radon surviendraient chez des **anciens fumeurs** et
5 % chez des personnes qui n'ont **jamais fumé**



Décès par cancer du poumon

(Ajrouche et al. Radiat Environ Biophys 2018)

Fractions attribuables au radon : incidence et mortalité du cancer du poumon

■ Cancers du poumon attribuables au radon, chaque année en France

Incidence	Mortalité
4 000 nouveaux cas soit 10 % des nouveaux cas de cancer du poumon	3 000 décès soit 10 % des décès par cancer du poumon

Centre international de Recherche sur le Cancer



Organisation
mondiale de la Santé

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Marant-Micallef et al.

**Les cancers attribuables au mode de vie et à
l'environnement en France en 2015. BEH 2018**

Rapport CIRC publié en juin 2018

Ajrrouche et al.

**Quantitative health impact of indoor radon in France.
Radiat Environ Biophys 2018**

Gaskin et al.

**Global estimate of lung cancer mortality attributable to
residential radon. *Environ Health Physics* 2018**

Fractions attribuables au radon dans le monde

Pays	Exposition au radon (Bq.m ⁻³)	Fraction attribuable au radon dans l'habitat (%)				
		BEIR VI ^a	Hunter ^b	Kreuzer ^c	Krewski ^d	Darby ^e
Cuba	5	4,3	2,3	2,1	1,6	1,2
Australie	9	4,7	3,7	3,5	2,1	1,6
Royaume-Uni	14	8,0	5,8	5,4	4,1	3,1
Algérie	22	15,8	9,0	8,3	6,4	4,8
Chine	34	15,9	13,1	12,4	9,5	7,2
Canada	42	16,3	15,5	14,6	11,2	8,6
Corée du Sud	49	16,8	17,5	16,6	12,8	9,9
France	50	19,4	17,8	16,9	13,0	10,0
Suisse	51	19,6	18,2	17,2	13,2	10,3
Suède	67	19,2	22,4	21,2	16,3	13,0
Mexique	82	26,7	25,9	24,9	19,3	15,4
Rép. Tchèque	94	24,3	28,9	27,5	21,4	17,3
Pologne	133	28,4	36,1	34,8	27,3	22,6
66 pays (médiane)	38	16,5	14,4	13,6	10,4	8,4

Exposition au radon : moyenne géométrique nationale

^a Modèle EAC « âge concentration », analyse conjointe de 11 cohortes de mineurs du BEIR VI (NRC 1999)

^b Analyse conjointe de 3 études européennes sur les mineurs (Hunter et al. 2013)

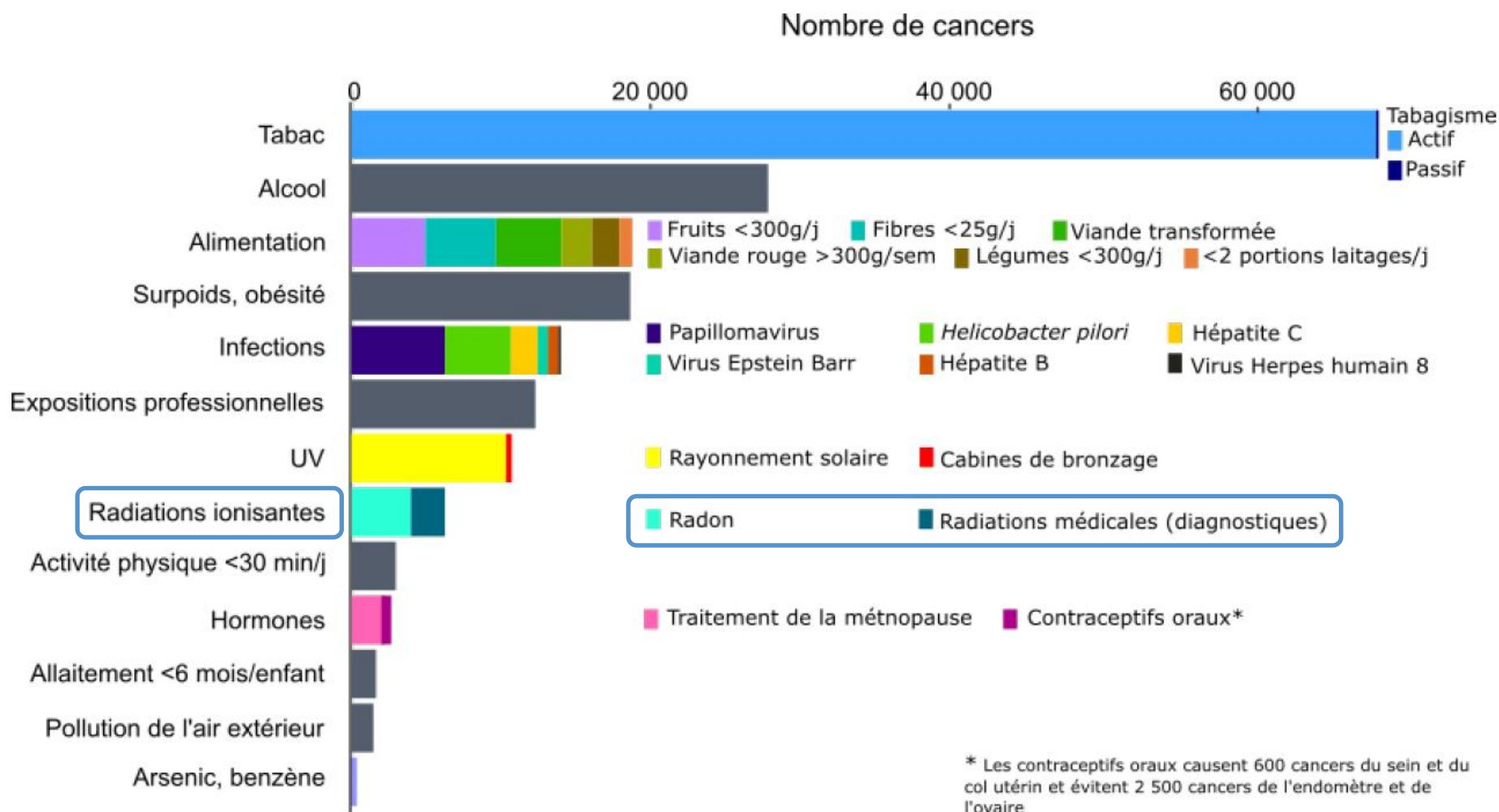
^c Cohorte allemande de mineurs d'uranium (Kreuzer et al. 2015)

^d Analyse conjointe nord-américaine en population générale (Krewski et al. 2003)

^e Analyse conjointe européenne en population générale (Darby et al. 2006)

(Gaskin et al. Environ Health Physics 2018)

Nombre de nouveaux cas de cancer attribuables aux facteurs liés au mode de vie et à l'environnement en France en 2015 parmi les adultes de 30 ans et plus



* Les contraceptifs oraux causent 600 cancers du sein et du col utérin et évitent 2 500 cancers de l'endomètre et de l'ovaire

Centre international de Recherche sur le Cancer



Source : Rapport CIRC publié en juin 2018
http://gco.iarc.fr/resources/paf-france_fr.php

Merci pour votre attention

