



# Cancers Bronchopulmonaires

## Facteurs de risques professionnels & environnementaux (pollution atmosphérique, radon)

Pr Vincent BONNETERRE

- Département Médecine et Santé Travail, Pôle de Santé Publique CHU Grenoble-Alpes
- Equipe Environnement et Prédiction de la Santé des Population (EPSP), laboratoire TIMC (UMR 5525)



# Objectifs

Résumer les principaux FDR d'origine professionnelle et environnementale du CBP, et en particulier :

- Mettre ces données de risque en perspective (valeur absolue du sur-risque vs tribut collectif en termes de santé publique)
- Expliciter la continuité entre les champs professionnels et environnementaux

*Absence de Conflits d'Intérêts*

## Les niveaux de Risque Relatif de développer un CBP varient de plusieurs ordres de grandeur selon les FDR

Ex. Quelques estimateurs *moyens* (les relations dose-effet seront abordées ultérieurement):

- Tabagisme actif : RR = 23 pour les fumeurs actifs masculins, RR=13 pour les fumeuses actives (vs non fumeurs) \*
- La plupart des expositions professionnelles : RR<2
- Pollution atmosphérique :  $1.05 < RR < 1.20$  par augmentation de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 /PM 2.5

\* Thun M, Henley S. Tobacco. In: Schottenfeld D, Fraumeni JF, eds. Cancer epidemiology and prevention, 3rd edn. Oxford: Oxford University Press, 2006: 217–42. Cité dans Sax. Air pollution and lung cancer in Europe. Lancet Oncol 2013. vol 14, e439-440

# Le tribut collectif (nombre de CBP) peut néanmoins être important (risque faible est appliqué à une large population)

## – Estimations au niveau mondial

- **CIRC : 220,000 décès *par CBP* liés à la pollution**
- **OMS 2009 : environ 71% *des CBP* au niveau mondial sont liés au tabac, 8% à la pollution atmo, 3–14% au radon selon les pays (9% en Europe).** Autres estimations : 12 à 13% des CBP attribuables à la pollution

## – Estimations concernant la France

- **Un peu moins d'un millier de décès par CBP en 2002 liés à la pollution atmo** soit 2 à 4% de la mortalité par CBP (600 < <1100)
- **Un peu plus d'un millier de décès par CBP liés au radon** (1200 < estimation <2900)

- WHO. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: World Health Organization, 2009.
- Straif, K., et al., 2013. IARC Scientific Publication No.161 : Air Pollution and Cancer. International Agency for Research on Cancer, Geneva.
- "Clean Air For Europe" (CAFE). <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm>
- Chiffres Radon : Catelinois 2006 : cf Annexe



# CBP : Facteurs de risque professionnels, et niveaux de risque associés

Source principale : Recommandation de bonnes pratiques SFMT, SPLF, SFR, soutien INCA, HAS, promoteur DGT. SURVEILLANCE MEDICO-PROFESSIONNELLE DES TRAVAILLEURS EXPOSES OU AYANT ETE EXPOSES A DES AGENTS CANCEROGENES PULMONAIRES. Nov 2015

# Risque de CBP associé aux principaux facteurs de risque

Annexe 9 : Estimation des risques de CBP associés aux facteurs de risques professionnels et au tabac par le groupe de travail à partir des données de la littérature (Accord d'experts)

(Légende : bleu : niveau de risque < 30 ; orange clair : 30 < niveau de risque < 60 ; orange foncé niveau de risque ≥ 60)

Agents, situations ou procédés	Risques relatifs selon l'exposition aux cancérogènes	Non-fumeurs	Ex-fumeurs ≥ 15 ans	Niveau de risque estimé		
				Fumeurs		
				< 20 PA	20 – 29 PA	≥ 30 PA
Tabac		1	5	10	20	30
Amiante niveau intermédiaire < 10 ans						
Amiante niveau intermédiaire ≥ 10 ans						
Amiante niveau fort < 5 ans						
Amiante niveau fort ≥ 5 ans						
Asbestose						
Plaques pleurales						
Silice cristalline						
Silicose						
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau intermédiaire						
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau fort						
Production d'aluminium						
Gazéification du charbon						
Brai de houille						
Production de coke						
Suie						
Rayons X et rayons γ						
Radon						
Mines de fer						
Plutonium						
Fonderie de fonte et d'acier						
Métier de peintre						
Production de caoutchouc						
Arsenic et ses composés						
Composés du nickel						
Composés du chrome VI						
Béryllium						
Cadmium et ses composés						
Bis(chlorométhyl)éther ; Chlorométhyl méthyl éther						
Cobalt métal associé au carbure de tungstène						

Ces estimations de RR ont été retenues par le groupe de travail à partir des données de la littérature et sous l'hypothèse d'un effet conjoint multiplicatif d'un agent cancérogène et du tabac.

# Risque de CBP associé aux principaux facteurs de risque

Annexe 9 : Estimation des risques de CBP associés aux facteurs de risques professionnels et au tabac par le groupe de travail à partir des données de la littérature (Accord d'experts)

(Légende : bleu : niveau de risque < 30 ; orange clair : 30 < niveau de risque < 60 ; orange foncé niveau de risque ≥ 60)

Agents, situations ou procédés	Risques relatifs selon l'exposition aux cancérogènes	Non-fumeurs	Ex-fumeurs ≥ 15 ans	Niveau de risque estimé		
				Fumeurs		
				< 20 PA	20 – 29 PA	≥ 30 PA
Tabac		1	5	10	20	30
Amiante niveau intermédiaire < 10 ans	1,5	1,5	7,5	15	30	45
Amiante niveau intermédiaire ≥ 10 ans	2	2	10	20	40	60
Amiante niveau fort < 5 ans	2,5	2,5	12,5	25	50	75
Amiante niveau fort ≥ 5 ans	3	3	15	30	60	90
<i>Asbestose</i>	3	3	15	30	60	90
<i>Plaques pleurales</i>	2	2	10	20	40	60
Silice cristalline						
<i>Silicose</i>						
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau intermédiaire						
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau fort						
Production d'aluminium						
Gazéification du charbon						
Brai de houille						
Production de coke						
Suie						
Rayons X et rayons γ						
Radon						
Mines de fer						
Plutonium						
Fonderie de fonte et d'acier						
Métier de peintre						
Production de caoutchouc						
Arsenic et ses composés						
Composés du nickel						
Composés du chrome VI						
Béryllium						
Cadmium et ses composés						
Bis(chlorométhyl)éther ; Chlorométhyl méthyl éther						
Cobalt métal associé au carbure de tungstène						

Ces estimations de RR ont été retenues par le groupe de travail à partir des données de la littérature et sous l'hypothèse d'un effet conjoint multiplicatif d'un agent cancérogène et du tabac.

# Risque de CBP associé aux principaux facteurs de risque

Annexe 9 : Estimation des risques de CBP associés aux facteurs de risques professionnels et au tabac par le groupe de travail à partir des données de la littérature (Accord d'experts)

(Légende : bleu : niveau de risque < 30 ; orange clair : 30 < niveau de risque < 60 ; orange foncé niveau de risque ≥ 60)

Agents, situations ou procédés	Risques relatifs selon l'exposition aux cancérogènes	Non-fumeurs	Ex-fumeurs ≥ 15 ans	Niveau de risque estimé		
				Fumeurs		
				< 20 PA	20 – 29 PA	≥ 30 PA
Tabac		1	5	10	20	30
Amiante niveau intermédiaire < 10 ans	1,5	1,5	7,5	15	30	45
Amiante niveau intermédiaire ≥ 10 ans	2	2	10	20	40	60
Amiante niveau fort < 5 ans	2,5	2,5	12,5	25	50	75
Amiante niveau fort ≥ 5 ans	3	3	15	30	60	90
<i>Asbestose</i>	3	3	15	30	60	90
<i>Plaques pleurales</i>	2	2	10	20	40	60
Silice cristalline	1,5					
<i>Silicose</i>	2					
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau intermédiaire	1,5					
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau fort	2					
Production d'aluminium	2					
Gazéification du charbon	2					
Brai de houille	2					
Production de coke	2					
Suie	2					
Rayons X et rayons γ	2					
Radon	2					
Mines de fer	2					
Plutonium	10					
Fonderie de fonte et d'acier	1,5					
Métier de peintre	2					
Production de caoutchouc	2					
Arsenic et ses composés	5					
Composés du nickel	2					
Composés du chrome VI	2					
Béryllium	2					
Cadmium et ses composés	2					
Bis(chlorométhyl)éther ; Chlorométhyl méthyl éther	10					
Cobalt métal associé au carbure de tungstène	2					

Ces estimations de RR ont été retenues par le groupe de travail à partir des données de la littérature et sous l'hypothèse d'un effet conjoint multiplicatif d'un agent cancérogène et du tabac.

# Risque de CBP associé aux principaux facteurs de risque

Annexe 9 : Estimation des risques de CBP associés aux facteurs de risques professionnels et au tabac par le groupe de travail à partir des données de la littérature (Accord d'experts)

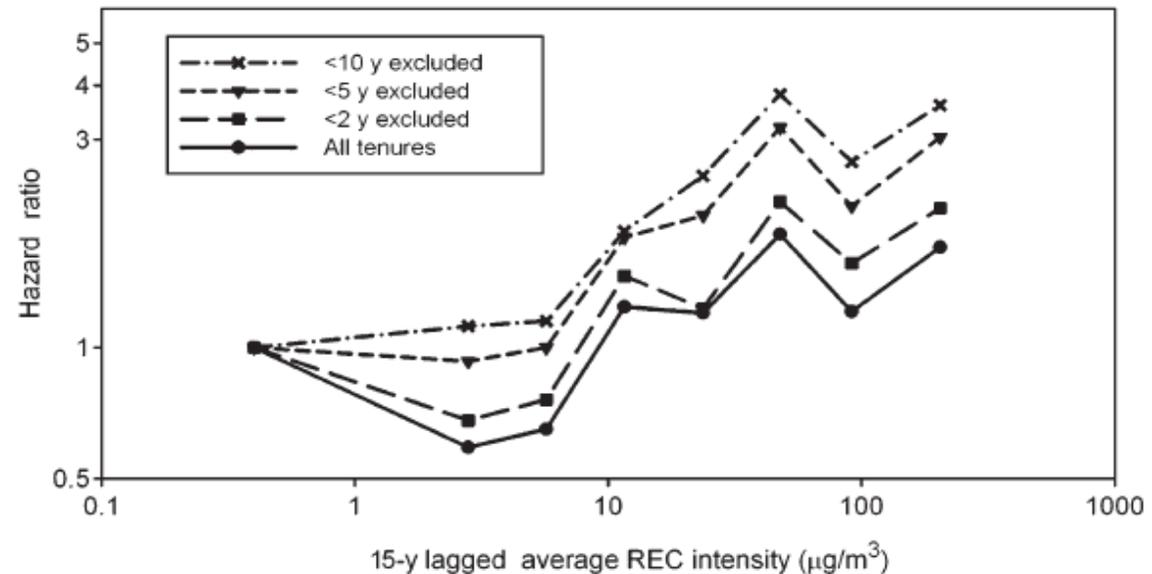
(Légende : bleu : niveau de risque < 30 ; orange clair : 30 < niveau de risque < 60 ; orange foncé niveau de risque ≥ 60)

Agents, situations ou procédés	Risques relatifs selon l'exposition aux cancérogènes	Non-fumeurs	Niveau de risque estimé			
			Ex-fumeurs ≥ 15 ans	Fumeurs		
				< 20 PA	20 – 29 PA	≥ 30 PA
Tabac		1	5	10	20	30
Amiante niveau intermédiaire < 10 ans	1,5	1,5	7,5	15	30	45
Amiante niveau intermédiaire ≥ 10 ans	2	2	10	20	40	60
Amiante niveau fort < 5 ans	2,5	2,5	12,5	25	50	75
Amiante niveau fort ≥ 5 ans	3	3	15	30	60	90
<i>Asbestose</i>	3	3	15	30	60	90
<i>Plaques pleurales</i>	2	2	10	20	40	60
Silice cristalline	1,5	1,5	7,5	15	30	45
<i>Silicose</i>	2	2	10	20	40	60
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau intermédiaire	1,5	1,5	7,5	15	30	45
Fumées d'échappement de moteur diesel niveau fort	2	2	10	20	40	60
Production d'aluminium	2	2	10	20	40	60
Gazéification du charbon	2	2	10	20	40	60
Brai de houille	2	2	10	20	40	60
Production de coke	2	2	10	20	40	60
Suie	2	2	10	20	40	60
Rayons X et rayons γ	2	2	10	20	40	60
Radon	2	2	10	20	40	60
Mines de fer	2	2	10	20	40	60
Plutonium	10	10	50	100	200	300
Fonderie de fonte et d'acier	1,5	1,5	7,5	15	30	45
Métier de peintre	2	2	10	20	40	60
Production de caoutchouc	2	2	10	20	40	60
Arsenic et ses composés	5	5	25	50	100	150
Composés du nickel	2	2	10	20	40	60
Composés du chrome VI	2	2	10	20	40	60
Béryllium	2	2	10	20	40	60
Cadmium et ses composés	2	2	10	20	40	60
Bis(chlorométhyl)éther ; Chlorométhyl méthyl ether	10	10	50	100	200	300
Cobalt métal associé au carbure de tungstène	2	2	10	20	40	60

Ces estimations de RR ont été retenues par le groupe de travail à partir des données de la littérature et sous l'hypothèse d'un effet conjoint multiplicatif d'un agent cancérogène et du tabac.

# Ex: Fumées de moteur Diesel. Relation dose-effet

Suivi mortalité /CBP  
d'une cohorte de  
travailleurs de 8 mines  
US, en fonction de leur  
exposition moyenne au  
carbone élémentaire et  
des durées d'exposition



**Figure 2.** Lung cancer hazard ratios against 15-year lagged average respirable elemental carbon (REC) intensity ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for ever-underground workers, for all tenures, and after excluding workers with less than 2, less than 5, and less than 10 years tenure at time of event (see Table 4 for <5 year exclusion results). Analyses were performed with the Cox proportional hazards model and probabilities determined with a two-sided  $\chi^2$  Wald test.

- Attfield. The Diesel Exhaust in Miners Study: A Cohort Mortality Study With Emphasis on Lung Cancer. J Natl Cancer Inst 2012;104:1–15
- Silverman. et al. The Diesel Exhaust in Miners Study: A Nested Case–Control Study of Lung Cancer and Diesel Exhaust. J Natl Cancer Inst 2012;104:1–14
- Pronk A, et al. Occupational exposure to diesel engine exhaust: a literature review. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2009 Jul;19(5):443-57.: Review des niveaux d'exposition professionnelle à partir de 10000 mesures

# Ex: Amiante. Relation dose-effet

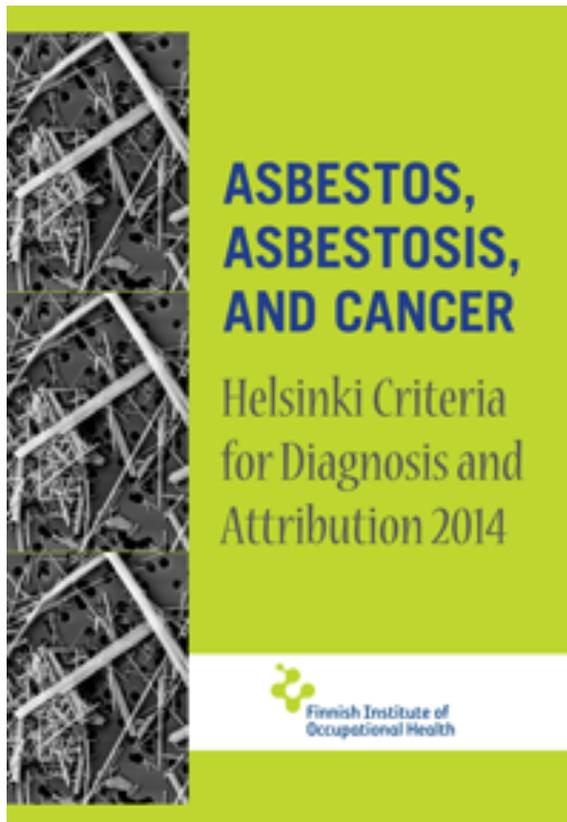
- Comme pour les PA avec le tabac, on estime les expositions cumulées en fibres/ml années. On peut estimer le niveau moyen d'exposition et par profession notamment grâce à la BD [Ev@lutil](#).
- ≈1% d'augmentation de risque par f/ml année

## Annexe 3 : Niveaux de risque de CBP associés aux facteurs de risques professionnels

NB1 : le modèle maximaliste est le niveau de risque le plus élevée retrouvée dans la littérature, le niveau moyen est le niveau de risque retrouvé le plus fréquemment dans la littérature, NB2 : les références citées renvoient aux références présentes dans l'argumentaire

Agents, situations ou procédés	Relation dose-effet et durée d'exposition	Co-expositions / Maladies associées
Amiante Modèle moyen	<p>OUI (niveau de preuve 2)</p> <p>Variation du risque relatif (RR) entre 0,1 et 4 % par f/ml.année (niveau de preuve 2). En prenant comme variation du risque relatif, la valeur de 1,0 % proposée par l'expertise collective de l'Inserm (20), pour une exposition de :</p> <p>10 f/ml.années le RR est de 1,10</p> <p>25 f/ml.années le RR est de 1,25</p> <p>50 f/ml.années le RR est de 1,50</p>	<p>Tabac</p> <p>Effet conjoint multiplicatif : risque tabac × risque amiante (niveau de preuve 2) (22-24)</p> <p><b>Autres cancérogènes</b></p> <p>Non déterminé</p> <p><b>Asbestose</b></p> <p>Risque de CBP multiplié par 2 (1, 25) à 4 (26) (niveau de preuve 2)</p> <p><b>Plaques pleurales</b></p> <p>Risque de décès par CBP multiplié par 2 (27) (niveau de preuve 2)</p>
Modèle maximaliste	<p>Variation du risque relatif de 4 % par f/ml.année (21), pour une exposition de :</p> <p>10 f/ml.années le RR est de 1,40</p> <p>25 f/ml.années le RR est de 2</p> <p>50 f/ml.années le RR est de 3</p>	

# Amiante : la minéralopathologie peut avoir son intérêt pour une estimation des expositions chez un patient atteint de CBP, et estimer le niveau de risque lié à ce FDR dans une discussion sur l'imputabilité professionnelle



- N'est pas exigé d'un point de vue medico-legal
- Haute probabilité d'exposition si :
  - > 1000 CA (corps asbestosiques) / g de poumon sec
  - ou > 1 CA/ml de LBA
  - (également normes pour l'analyse en ME)
- MAIS les estimations de concentrations associées à un doublement du risqué de CBP sont de l'ordre de 5000 CA/g de poumon sec.
- Il existe toutefois des biopersistances différentes selon les fibres d'amiante (amphibole > chrysotile) dont il faut tenir compte

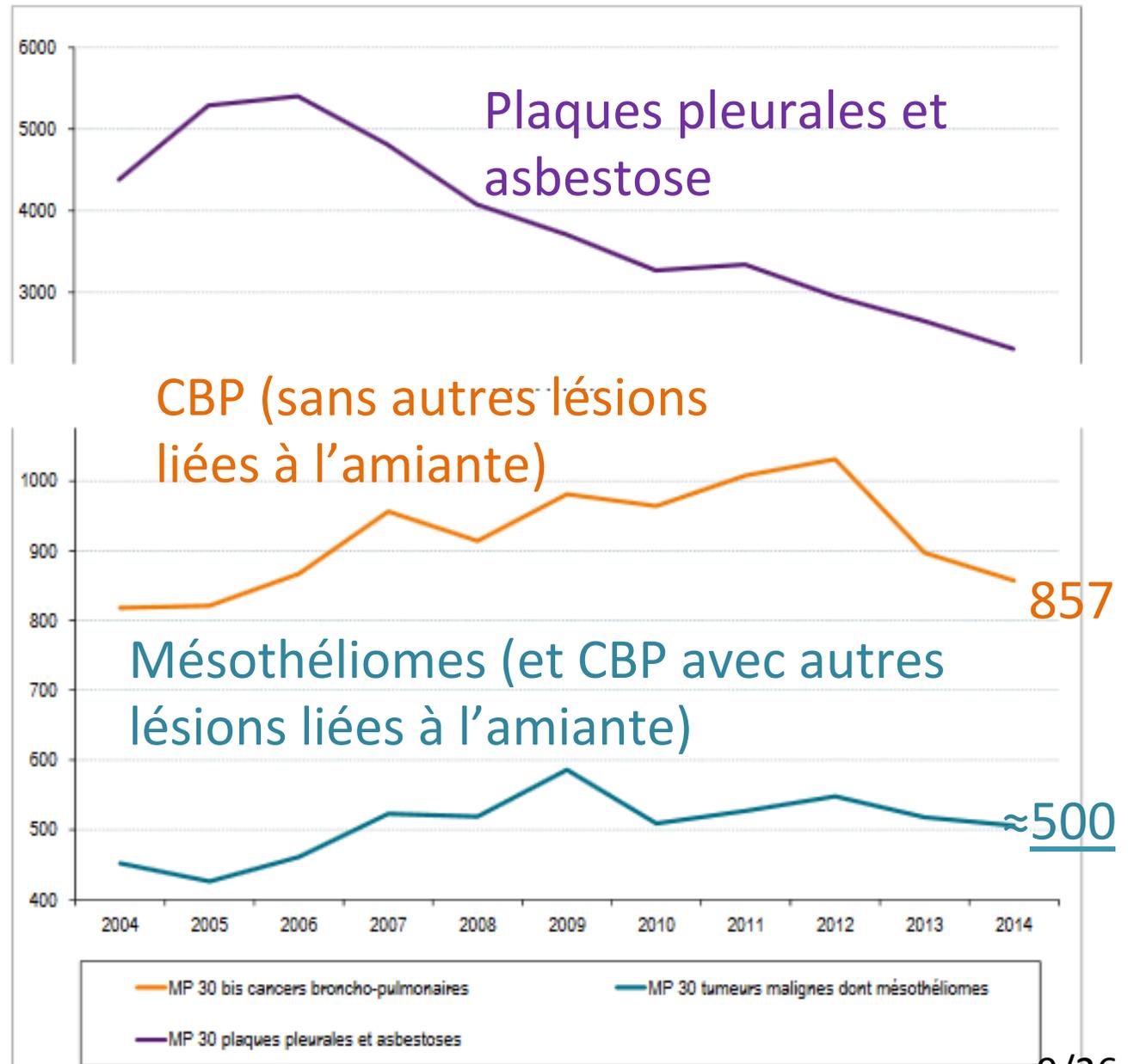
([source](#))

# Amiante / Médico-Légal: Données de sinistralité des travailleurs salariés du RG 2004-2014

**Source :** dernier rapport de gestion disponible de la CNAM-TS : 2014, publié automne 2015.

Remarques :  
De moins en moins de CBP chez des patients ayant par ailleurs des plaques pleurales.

En pratique clinique les CBP attribués à l'amiante chez des non fumeurs sont exceptionnels



# Amiante / Médico-Légal: Données du

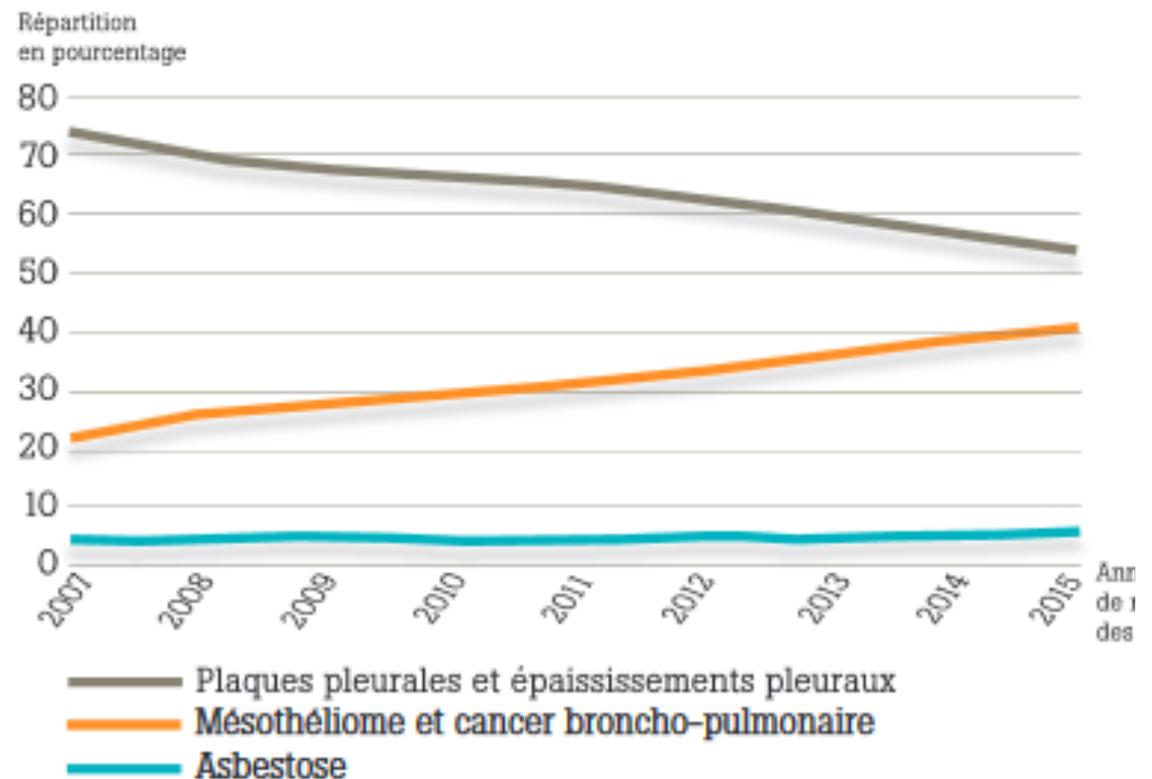


Près de 5 milliards € d'indemnisation depuis sa création (2001). Indemnise quel que soit le régime de protection sociale de la victime

2015 : > 20,000 demandes (2/3 provenant des ayant-droits!). **En nombre, les pathologies malignes représentent 40% des demandes (ci-contre), soit sur les dernières années: environ 900 CBP et 600 mésothéliomes indemnisés par an.**

En % du montant total: 53% des indemnisations concernent les CBP, 30% les mésothéliomes

## Evolution de la répartition des victimes par pathologie et par année de réception des dossiers (hors catégories "autres" et "en attente de qualification")





# CBP : Facteurs de risque environnementaux



## Avis du CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer, IARC)

- Juin 2012
  - Fumées de combustion Diesel -> cancérogène certain / CBP
- Octobre 2013
  - Pollution atmosphérique: classée cancérogène certain / CBP
  - Fraction particulaire de la pollution atmosphérique classée cancérogène certain

**Centre international de Recherche sur le Cancer**

---

 **Organisation mondiale de la Santé**

**COMMUNIQUE DE PRESSE  
N° 221**

**17 octobre 2013**

**La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC**

Lyon/Genève, 17 octobre 2013 – Agence spécialisée sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), a annoncé aujourd'hui qu'il a classé la pollution de l'air extérieur comme cancérogène pour l'homme (Groupe 1). (1)



Kurt Straif, responsable des monographies du CIRC à propos de la classification des FUMÉES DE COMBUSTION DU DIESEL:

**“The main studies that led to this conclusion were in highly exposed workers.**

**However, we have learned from other carcinogens, such as radon, that initial studies showing a risk in heavily exposed occupational groups were followed by positive findings for the general population.**

Therefore actions to reduce exposures should encompass workers and the general population.”

# Pollution atmosphérique: Escape Study (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects)

- Meta-analyse de 17 cohortes issues 9 pays EU
  - recrutement dans les 1990's, modélisation de l'exposition aux différents polluants atmosphériques (adresse domicile à l'inclusion), analysées de façon identique, absence de possibilité de pooler les données
  - Ajustement sur consommation de tabac
- Au total: >300,000 personnes suivies, soit > 4.10E<sup>6</sup> personnes années; Suivi moyen 13 ans; > 2000 CBP

Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE).  
Lancet Oncol. 2013 Aug;14(9):813-22.

# Escape Study : résultats (1/2)

Ajustement sur Tabac      Ajustement sur Tabac + NSE local

	Increase	Number of cohorts	HR (95% CI)			Measures of heterogeneity between cohorts (model 3)	
			Model 1*	Model 2†	Model 3‡	I <sup>2</sup>	p value
PM <sub>10</sub>	10 µg/m <sup>3</sup>	14	1.32 (1.12-1.55)	1.21 (1.03-1.43)	1.22 (1.03-1.45)	0.0%	0.83
PM <sub>2.5</sub>	5 µg/m <sup>3</sup>	14	1.34 (1.09-1.65)	1.17 (0.95-1.45)	1.18 (0.96-1.46)	0.0%	0.92
PM <sub>coarse</sub>	5 µg/m <sup>3</sup>	14	1.19 (0.99-1.42)	1.08 (0.89-1.31)	1.09 (0.88-1.33)	33.8%	0.11
PM <sub>2.5Sorbance</sub>	10 <sup>-5</sup> /m	14	1.25 (1.05-1.50)	1.09 (0.87-1.37)	1.12 (0.88-1.42)	19.0%	0.25
NO <sub>2</sub>	10 µg/m <sup>3</sup>	17	1.07 (1.00-1.14)	0.99 (0.93-1.06)	0.99 (0.93-1.06)	0.0%	0.70
NOx	20 µg/m <sup>3</sup>	17	1.08 (1.02-1.14)	1.01 (0.95-1.06)	1.01 (0.95-1.07)	0.0%	0.62
Traffic density on nearest road	5000 vehicles per day	15	1.02 (0.98-1.06)	1.00 (0.97-1.04)	1.00 (0.97-1.04)	0.0%	0.90
Traffic load on major roads within 100 m	4000 vehicle-km per day	16	1.10 (1.00-1.21)	1.07 (0.97-1.18)	1.09 (0.99-1.21)	0.0%	0.92

We included only participants without missing data in any of the variables included in model 3, so the datasets were identical for analyses with all three models. See appendix (p 25) for numbers of participants and lung cancer cases contributing to each meta-analysis result. HR-hazard ratio. PM<sub>10</sub>-particulate matter with diameter <10 µm. PM<sub>2.5</sub>-particulate matter with diameter <2.5 µm. PM<sub>coarse</sub>-particulate matter with diameter 2.5-10 µm. PM<sub>2.5Sorbance</sub>-soot. NO<sub>2</sub>-nitrogen dioxide. NOx-nitrogen oxides (the sum of nitric oxide and nitrogen dioxide). \*Model 1: age (timescale in Cox model), sex, calendar time. †Model 2: model 1 + smoking status, smoking intensity, square of smoking intensity, smoking duration, time since quitting smoking, environmental tobacco smoke, occupation, fruit intake, marital status, education level, and employment status. ‡Model 3: model 2 + area-level socioeconomic status.

Table 2: Meta-analyses of associations between air pollutants and traffic indicators and the risk for lung cancer

## Escape Study : résultats (2/2)

- Résultats intéressants / histologie

	Number of cohorts	HR (95% CI) for histological cancer subtype analysis	
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
<b>All participants</b>			
All lung cancers	14†	1.22 (1.03-1.45)	1.18 (0.96-1.46)
Adenocarcinomas	11‡	1.51 (1.10-2.08)	1.55 (1.05-2.29)
Squamous-cell carcinomas	7§	0.84 (0.50-1.40)	1.46 (0.43-4.90)
<b>Participants who did not change residence</b>			
All lung cancers	10¶	1.48 (1.16-1.88)	1.33 (0.98-1.80)
Adenocarcinomas	8	2.27 (1.32-3.91)	1.65 (0.93-2.95)
Squamous-cell carcinomas	3**	0.64 (0.28-1.48)	0.65 (0.16-2.57)

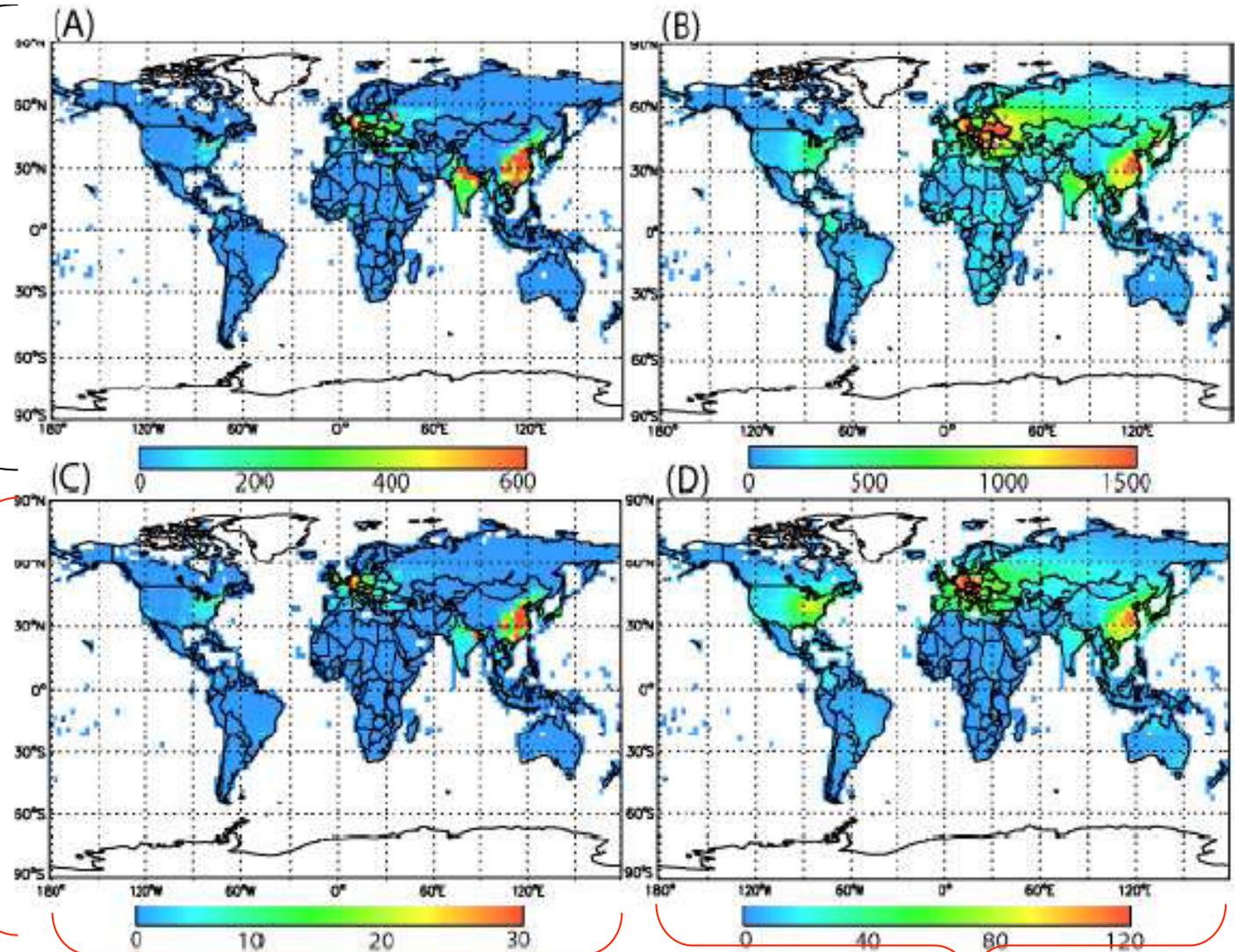
- Relation dose-effet linéaire avec l'intensité de l'exposition
- Résultats cohérents avec études antérieures EU, US, Asie, méta-analyses sur études de *mortalité par CBP*, etc.

75% mortalité prématurée mondiale par PM2.5 attendue en Asie, 17% en Europe

Par cardiopathies

Par cancer du poumon

SOURCE: Anenberg et al. An estimate of the Global Burden of Anthropogenic Ozone and Fine Particulate Matter on Premature Human Mortality using Atmospheric Modeling. Environ Health Perspect. 2010 Sep;118(9):1189-95.



Pour 1000 km<sup>2</sup>

Par million de personnes

Figure 3: Annual premature mortalities attributed to anthropogenic PM<sub>2.5</sub> when no threshold is assumed, for (A) cardiopulmonary mortalities per 1000 km<sup>2</sup>, (B) rate of cardiopulmonary mortalities per 10<sup>6</sup> people, (C) lung cancer mortalities per 1000 km<sup>2</sup>, and (D) rate of lung cancer mortalities per 10<sup>6</sup> people.

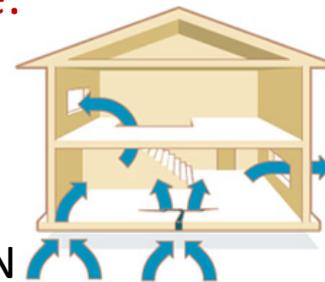
# Pollution intérieure / combustion incomplète

- Qui est exposé?
  - 2, 4 milliards de personnes concernées dans le monde (cuisine ou chauffage)
- CIRC 2006 : émissions liées à
  - [combustion domestique de charbon](#) : cancérogène certain (groupe 1)
  - [combustion de biomasse](#) : cancérogène probable (groupe 2A)
- 2015: Review portant sur 14 études CT
  - > 8000 cas et 11000 contrôles
  - OR = 1.17 [1.01-1.37]
  - Relation dose-effet mise en évidence

Bruce et al. Does household use of biomass fuel cause lung cancer? A systematic review and evaluation of the evidence for the GBD 2010 study. Thorax. 2015 May; 70(5):433-41.

# Radon ( $^{222}\text{Rn}$ )

- **Gaz naturel radioactif** (produit de décomposition du radium et de l'uranium présents dans les roches). Emet des particules alpha qui peuvent interagir avec les tissus biologiques.  $\frac{1}{2}$  vie = 4 jours.
- **Concentration très faible dans l'air extérieur (dilution)**
- **1ere cause d'exposition aux RI en France** (devant la source médicale)
- **CIRC : cancérogène certain (Groupe 1) / CBP**
- **OMS 2009 : « 2<sup>e</sup> cause de CBP après le tabac »** [les fractions de risque attribuable à la pollution atmo et au radon varient selon les localisations]
- **Concentration dans les habitations dépend de:**
  - **Caractéristiques du logement** : Voies de migration du radon du sol vers l'habitation, et défaut de ventilation.
  - **Caractéristiques du sous-sol** (cartographie IRSN par communes)



Aération des pièces habitées par ouverture des fenêtres.

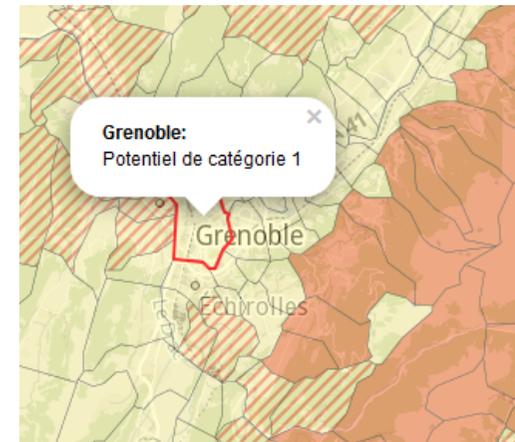
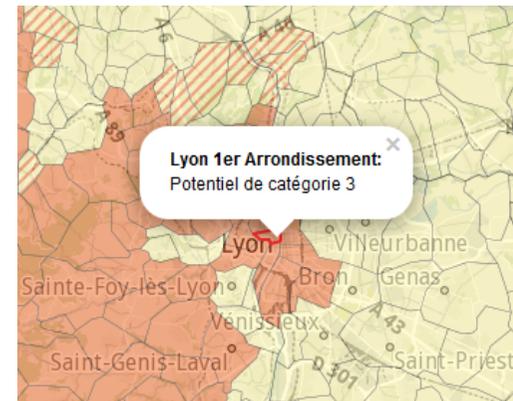
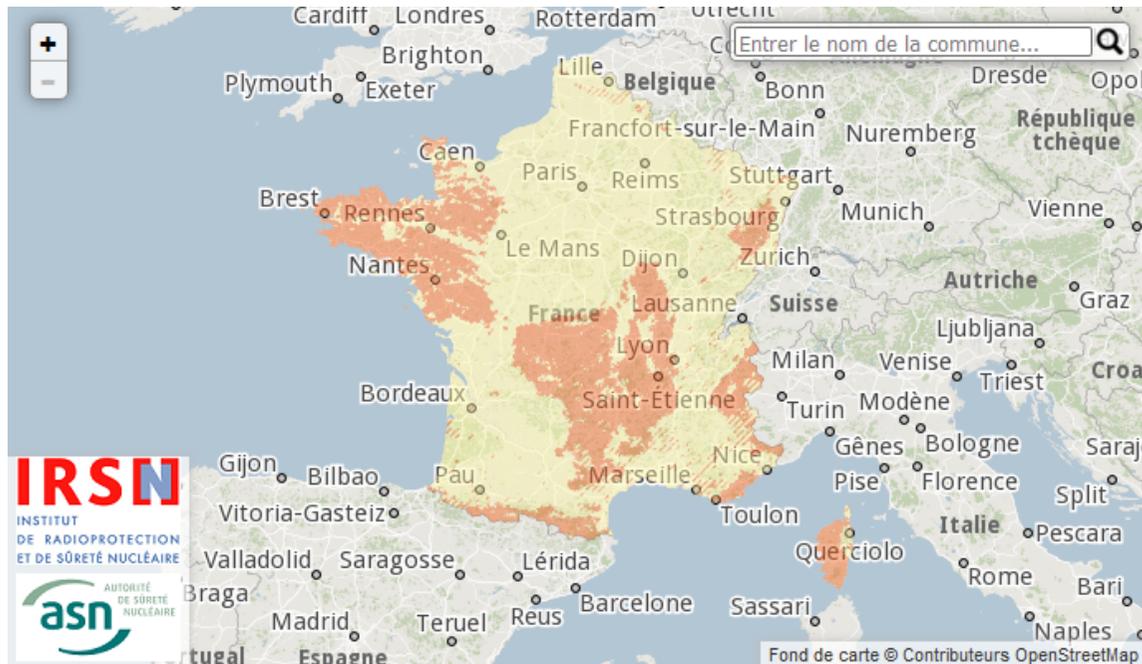


Drainage du radon par mise en dépression du sol sous-jacent au bâtiment.

[Rapport InVS 2014](#); [Rapport OMS 2009](#)

Cf annexes

# Connaître le potentiel radon par commune ([lien](#))



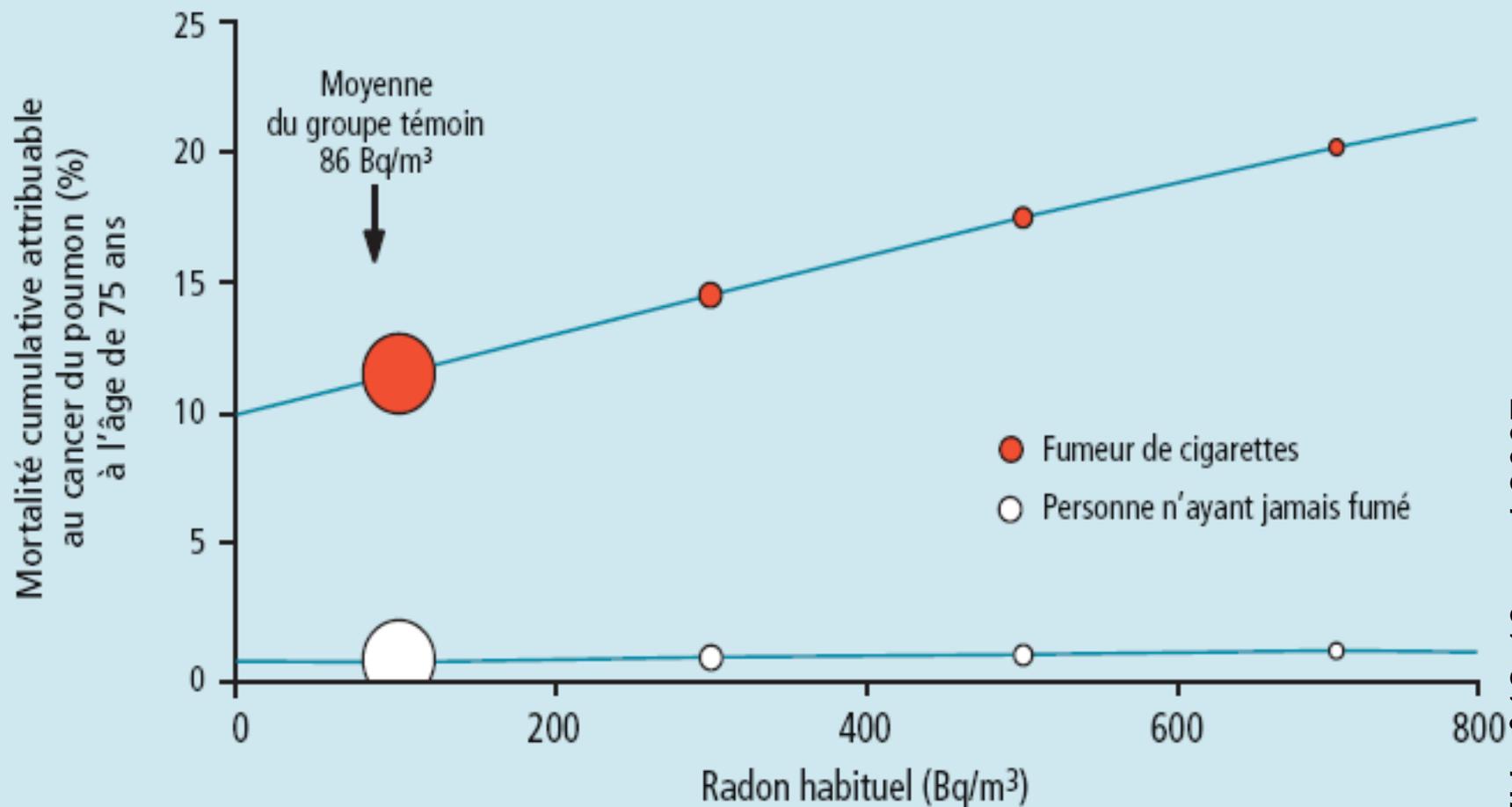
## CONTACTS POUR METROLOGIES INDIVIDUELLES RADON :

Sociétés permettant l'envoi de dosimètres radon puis leur analyse : [Algade](#); [Dosirad](#); [Landauer](#); [Santé Radon](#); [Saphymo](#). Pour des situations très particulières, expertise IRSN peut être demandée. Pour que des mesures à domicile soient réalisées par du personnel accrédité : [la liste des organismes agréés sur le site de l'Autorité de sûreté nucléaire \(cf. liste des organismes agréés de niveau 1 option A\)](#).

# RADON et risque de CBP

- **3–14% des CBP au radon selon les pays;  $\approx$  9% en Europe**
  - 1200 et 2900 morts par an en France (Catelinois 2006)
  
  - **Relation dose-effet : le risque de CBP augmente d'environ 6% par tranche de 100 Bq/m<sup>3</sup> supplémentaire (exposition au long cours).** Doublement du risque pour une exposition chronique de l'ordre de 600 Bq/m<sup>3</sup>... à tempérer par le tabagisme!
  
  - **Le risque absolu pour les fumeurs et anciens fumeurs récents est considérablement plus élevé que pour des personnes n'ayant jamais fumé (x25).**
- 
- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/>
  - WHO handbook on indoor radon: a public health perspective.  
[http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/9789241547673/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/9789241547673/en/)
  - Catelinois 2006 : cf annexe

Figure 3 Risque absolu cumulatif de décès par un cancer du poumon à l'âge de 75 ans en fonction de la concentration en radon habituelle dans les habitations chez les fumeurs de cigarettes et les personnes n'ayant jamais fumé. / *Figure 3 Cumulative absolute risk of death from lung cancer at 75 years of age, depending on the usual radon concentration in smoking and no smoking homes*

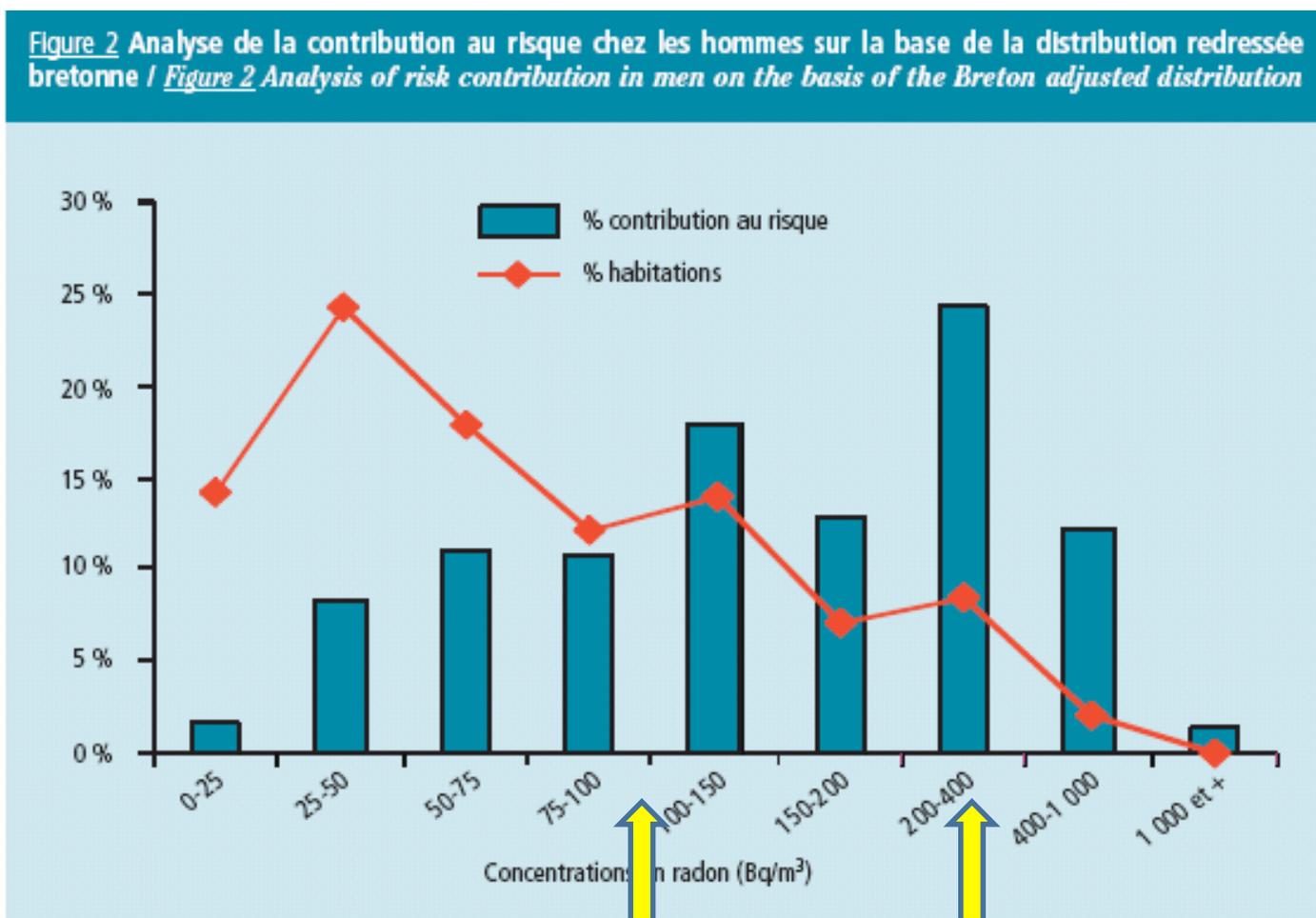


Les valeurs du graphique ont été calculées en utilisant les risques relatifs du tabagisme chez les hommes de toutes les études combinées, et les risques absolus chez les personnes n'ayant jamais fumé des études réalisées aux Etats-Unis chez les hommes et femmes réunis [20]. L'aire des cercles est proportionnelle au nombre de témoins exposés à des niveaux de radon habituels compris dans les plages < 200, 200-399, 400-599 et  $\geq 600$  Bq/m<sup>3</sup>.

# Radon et Santé Publique en France. Où faut il agir?

**OMS, CIPR, HCSP (2010) fixent un seuil à 300 Bq/m<sup>3</sup> avec un objectif à 100 Bq/m<sup>3</sup>.**

France : seuil régl. à 400 Bq/m<sup>3</sup> dans les établissements recevant du public



Si niveau d'action fixé à 300 Bq.m-3 au niveau domestique : 500,000 résidences principales concernées par des travaux de remédiation (2% du parc de logements de France métropolitaine continentale. Si seuil fixé à 100 Bq.m-3 : > 3,5 millions de résidences principales (15 %)

# Take Home Messages (1/2)

## CONNAISSANCES GENERALES

- Les **travailleurs souvent sentinelles** de risque s'exprimant dans l'environnement (car niveaux d'exposition plus élevés : ex radon, pollution atmosphérique)
- Distinguer le **potentiel cancérigène d'un FDR** (ex: via classification CIRC), la **force du risque** (ex: RR), et le **tribut collectif** qui dépend non seulement du RR, mais aussi du nombre de personnes exposées... utile pour la décision en santé publique (Ex: Fraction de risque attribuables, nombre de cas...). Ainsi la contribution la plus importante au CBP lié au radon... est portée par les logements <400 Bq/m<sup>3</sup> bien que le RR y soit inférieur
- Bien intégrer **la synergie entre ces FDR et le tabac**
- D'une façon générale, relativiser l'information « nombre de cas indemnisés en MP » quand il s'agit d'estimer la fréquence de cancers d'étiologie professionnelle.

# Take Home Messages (2/2)

## FACE AU PATIENT (poly expositions fréquentes)

- Autoquestionnaires visant à repérer des FDR professionnels
  - SPLF mis à jour en 2009 [Quest CBP SPLF](#) ou questionnaire NET-KEEP
- Avis Centre de Consultations de Pathologies Pro (CCPP) possible :
  - Apprécier l'imputabilité professionnelle chez un patient atteint de CBP et initier les démarches médico-légales si besoin
  - Apprécier la nécessité d'un dépistage chez un patient exposé à des cancérogènes pulmonaires :
    - Amiante ([Reco HAS, SFMT, SPLF, SFR Amiante 2011](#) )
    - Autres cancérogènes pulmonaires ([Reco 2015 Surv Travailleurs exposés cancérogènes pulm](#)) : proposition d'une **expérimentation** de dépistage / TDM basse dose, pour les **sujets 55<<75 ans dont le risque, intégrant le tabac, est multiplié par un facteur 30**. En pratique (hors amiante) :
      - exposition à 1 FDR pro > 10 ans ET Tabac > 30PA
      - exposition à 2 FDR pro > 10 ans ET Tabac > 20 PA
      - exposition à 3 FDR pro > 10 ans ET Tabac > 10 PA

**Merci pour votre attention!**



# Annexes à conserver pour les auditeurs

# Amiante : définition des expositions fortes et intermédiaires (conférence de consensus de 1999)

- **Expositions fortes :**
  - **Expositions certaines, élevées, continues et d'une durée > 1an ;** exemples : activités professionnelles dans la fabrication et la transformation de matériaux contenant de l'amiante et de leurs équivalents dans l'intervention sur des matériaux ou des appareils susceptibles de libérer des fibres d'amiante (exemples : flocage, chantiers navals)
  - **Expositions certaines, élevées, discontinues et d'une durée > 10 ans** (exemples : mécaniciens rectifieurs de freins de poids lourds, tronçonnage de l'amiante-ciment) ;
- **Expositions intermédiaires :**
  - Toutes les autres situations d'exposition professionnelle documentée. La majorité entre dans le cadre de l'intervention sur des matériaux ou des appareils susceptibles de libérer des fibres d'amiante.

## Reco 11/2015 SFMT, SPLF, SFR, INCA, HAS, promoteur DGT

<b>Définition des sujets à haut risque de CBP : sujets âgés entre 55 et 74 ans éligibles à l'expérimentation d'un programme de dépistage du CBP par scanner thoracique basse dose en fonction de leur exposition à des cancérogènes pulmonaires et de la durée d'exposition cumulée (Accord d'experts)</b>			
<b>Nuisances professionnelles</b>	<b>Niveau d'exposition ou maladie</b>	<b>Durée d'exposition cumulée</b>	<b>Tabagisme actif ou arrêt depuis moins de 15 ans</b>
Amiante	Intermédiaire	≥ 10 ans	≥ 30 PA
	Fort	< 5 ans	≥ 30 PA
	Fort	≥ 5 ans	≥ 20 PA
	Asbestose		≥ 20 PA
	Plaques pleurales		≥ 30 PA
Autres cancérogènes*		≥ 10 ans	≥ 30 PA
<b>Co-expositions</b>			
	2 cancérogènes	≥ 10 ans	≥ 20 PA
	≥ 3 cancérogènes	≥ 10 ans	≥ 10 PA
<p>*production d'aluminium, gazéification du charbon, brai de houille, production de coke, suie, rayons X et rayons γ, radon, mines de fer, plutonium, fonderie de fonte et d'acier, métier de peintre, production de caoutchouc, arsenic et ses composés, composés du nickel, composés du chrome VI, béryllium, cadmium et ses composés, bis(chlorométhyl)ether, chlorométhyl méthyl ether, cobalt métal avec carbure de tungstène</p> <p><u>Cas particulier : Silice cristalline</u> (une silicose est nécessaire pour intégrer le groupe à haut risque de CBP et ce quelle que soit la durée de l'exposition) ; <u>fumées d'échappement de moteur diesel</u> (un niveau élevé d'exposition défini par un emploi dans les mines souterraines, la construction de tunnel et les travailleurs dans la maintenance dans les mines souterraines est nécessaire pour intégrer le groupe à haut risque de CBP)</p>			

Pas de dépistage lié aux FDR prof qui soit recommandé en dehors de cette expérimentation qui doit en assurer le bien-fondé.

# Pollution atmosphérique

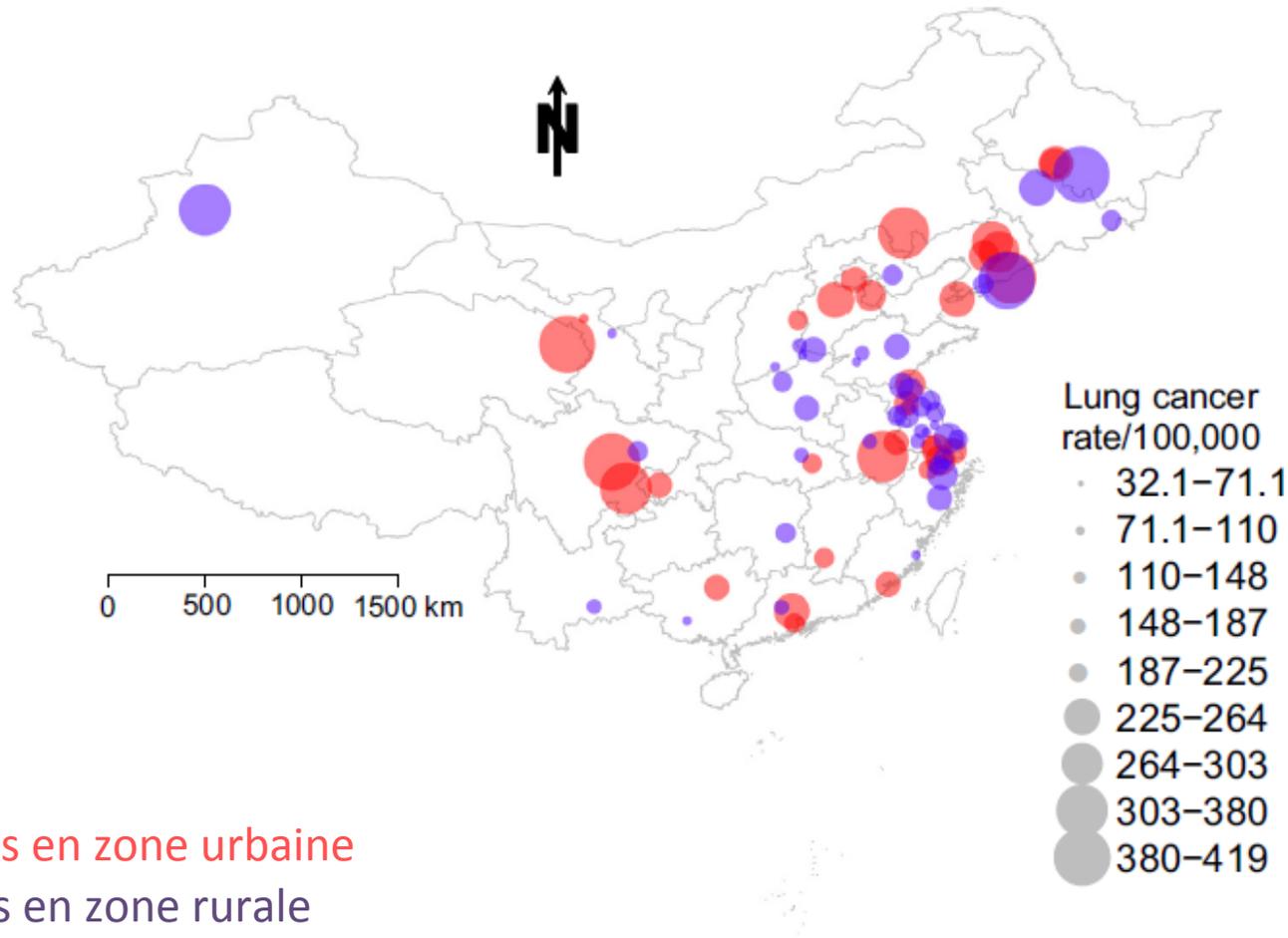
- Un texte de référence publié vers votre communauté en juin 2016 :
  - RMR La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la SPLF. Revue des Maladies Respiratoires (2016) **33**, 484—508

# Pollution atmosphérique et CBP: Cohérence des résultats

- avec études antérieures EU, US, Asie, méta-analyses sur études de *mortalité par CBP*, etc.
- Au niveau international, tribut le plus élevé situé en **Chine** (importance de la pollution + densité élevée de la population).
  - Documentation du sur-risque analyse des CBP d'après 75 registres sur la période 1990-2009 soit 370,000 cas! Modèles age-period-[birth] cohort
  - Données de pollution en PM 2.5 et O3 disponibles en 1990 et 2005
  - *! Pas de données individuelles (tabagisme, etc)*

Guo. The association between lung cancer incidence and ambient air pollution in China: A spatiotemporal analysis. *Environmental Research* 2016; 144:60–65

# Guo et al. Taux d'incidence du CBP chez les plus de 30 ans 1990-2009, dans les 75 districts



## Légende

Rouge : registres en zone urbaine

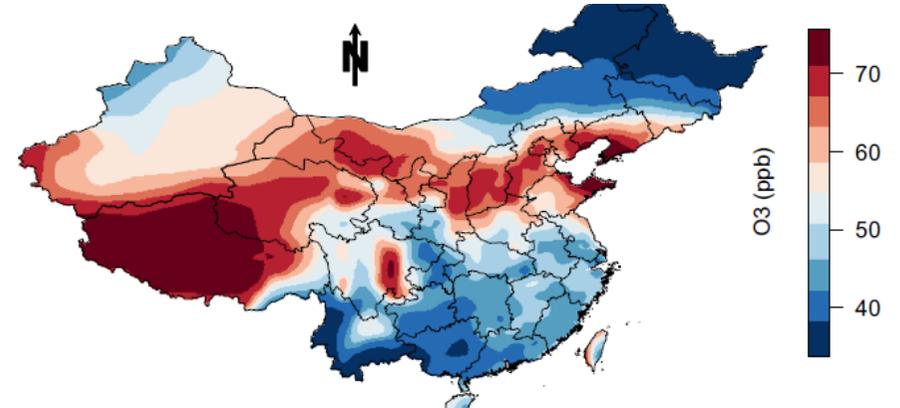
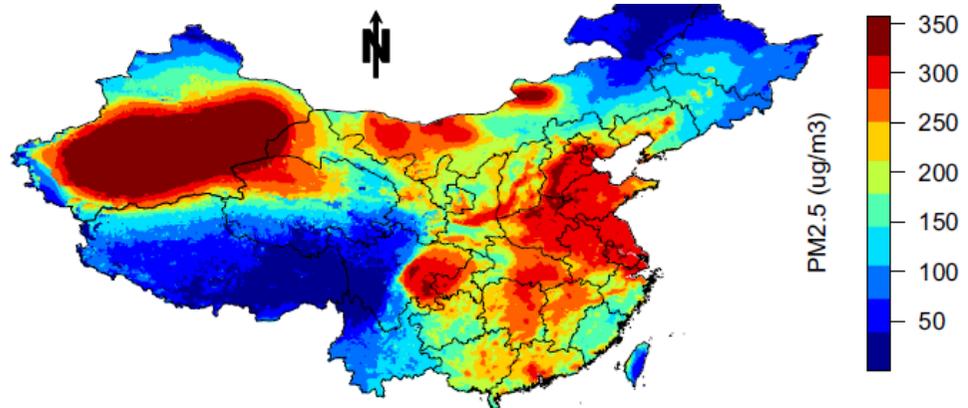
Violet : registres en zone rurale

**Fig. 1.** The location of the 75 study communities and standardized lung cancer incidence rate for people aged > 30 years in urban (red colour) and rural (purple colour) China, during 1990–2009. The rate was standardized by world Segi's population 1985. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

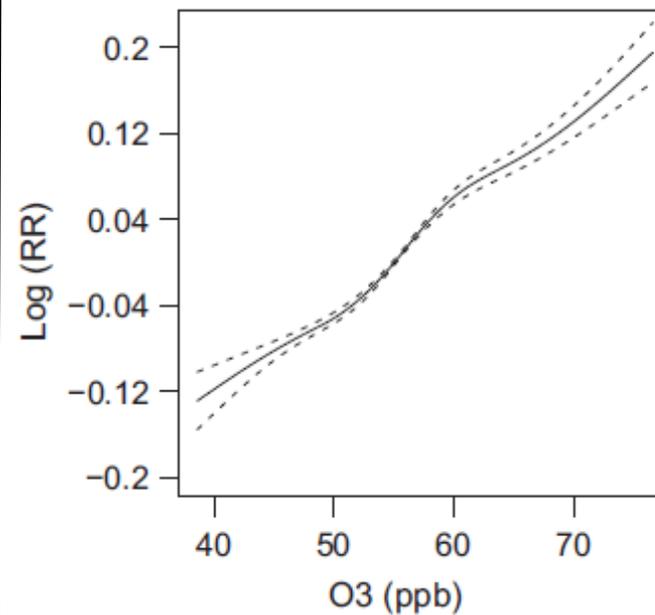
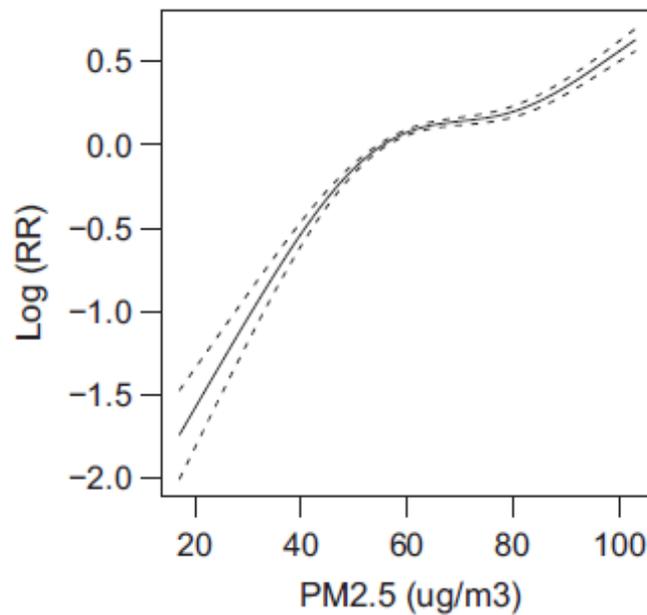
# PM 2.5

# O3

Données de pollution disponibles en 1990 et 2005.  
Interpolation sur la période 1990-2009.



## Courbe dose-réponse (pour une exposition de 2 ans)



## Etude Guo 2016 : suite des résultats

Un excès de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  pendant 2 ans majore le risque de CBP de 5.5% chez les hommes et 15% chez les femmes.

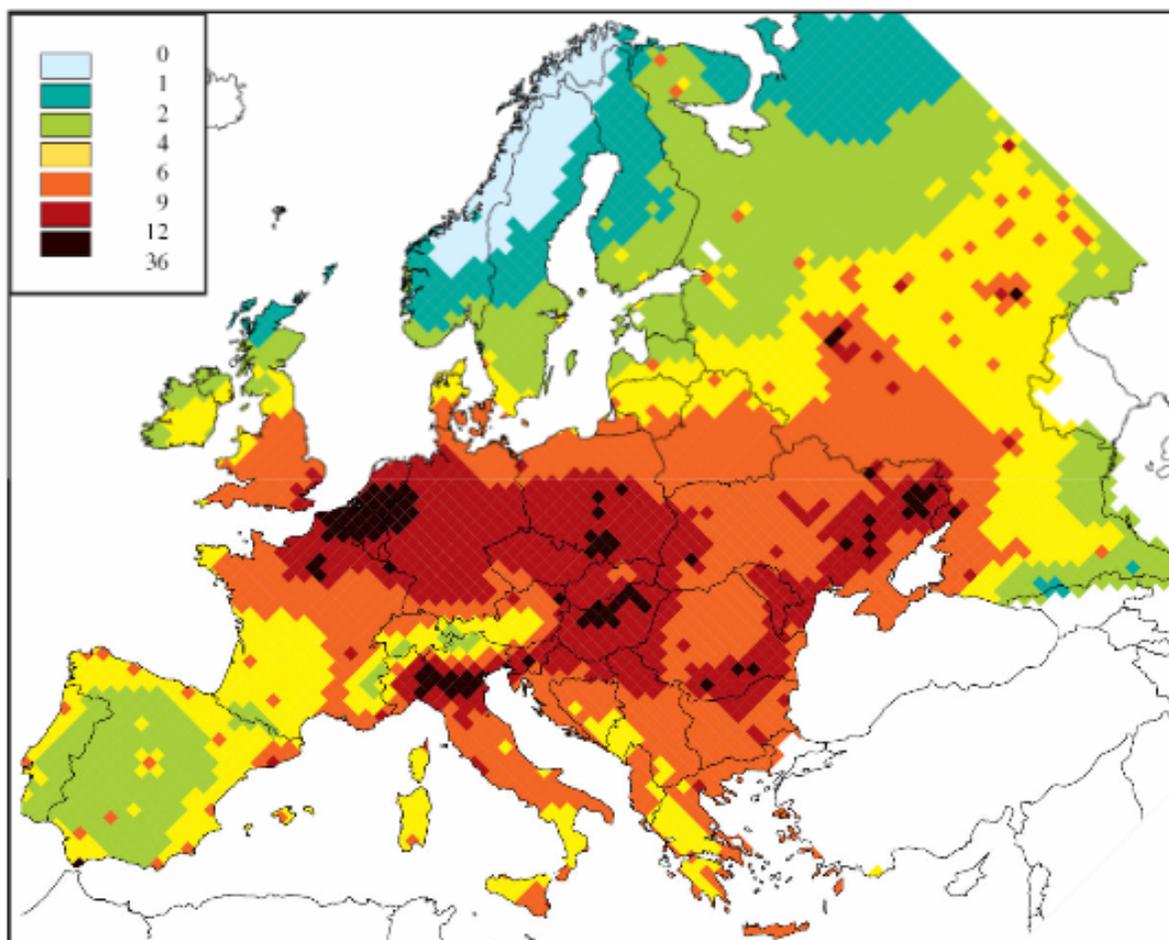
*NB : tabagisme élevé chez les hommes (63%), faible chez les femmes (4%) en Chine.*

The relative risks of lung cancer incidence associated with an increase of 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in  $\text{PM}_{2.5}$  and an increase of 10 ppb in  $\text{O}_3$  in difference groups in China, during 1990–2009.

Group	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{O}_3$
All	1.074 (1.060, 1.089)	1.087 (1.079, 1.095)
Male	1.055 (1.038, 1.072)	1.092 (1.082, 1.102)
Female	1.149 (1.120, 1.178)	1.080 (1.065, 1.094)
Urban	1.060 (1.044, 1.075)	1.083 (1.075, 1.092)
Rural	1.037 (0.998, 1.078)	1.004 (0.980, 1.028)
Age 30–65	1.074 (1.052, 1.096)	1.083 (1.071, 1.096)
Age 65–75	1.101 (1.076, 1.126)	1.119 (1.105, 1.133)
Age > 75	1.111 (1.077, 1.146)	1.098 (1.081, 1.115)

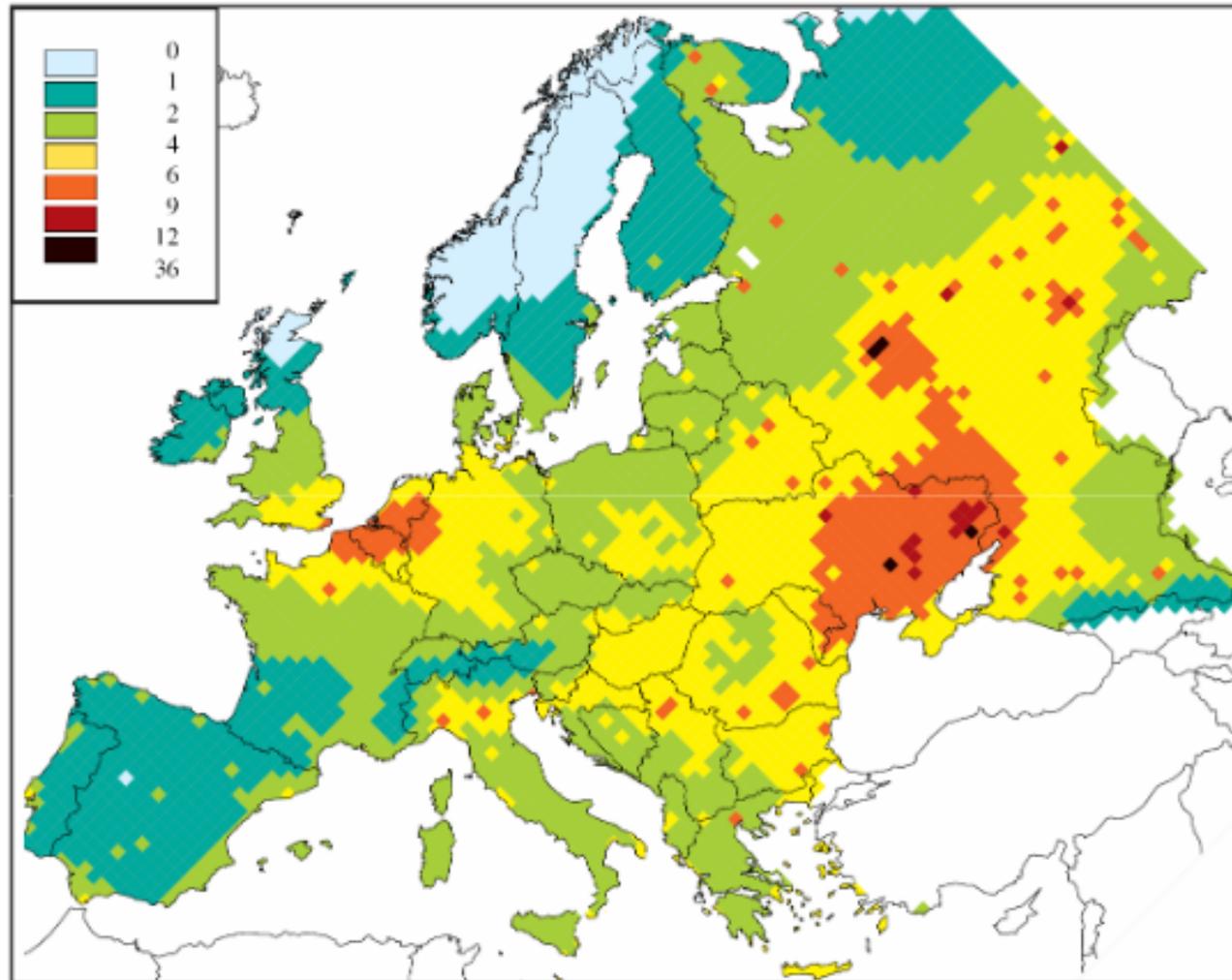
## Programme EU CAFE : Nombre moyens de mois d'espérance de vie perdus du fait de la pollution PM 2.5 en 2000

**Loss in life expectancy attributable to exposure to fine particulate matter - 2000**



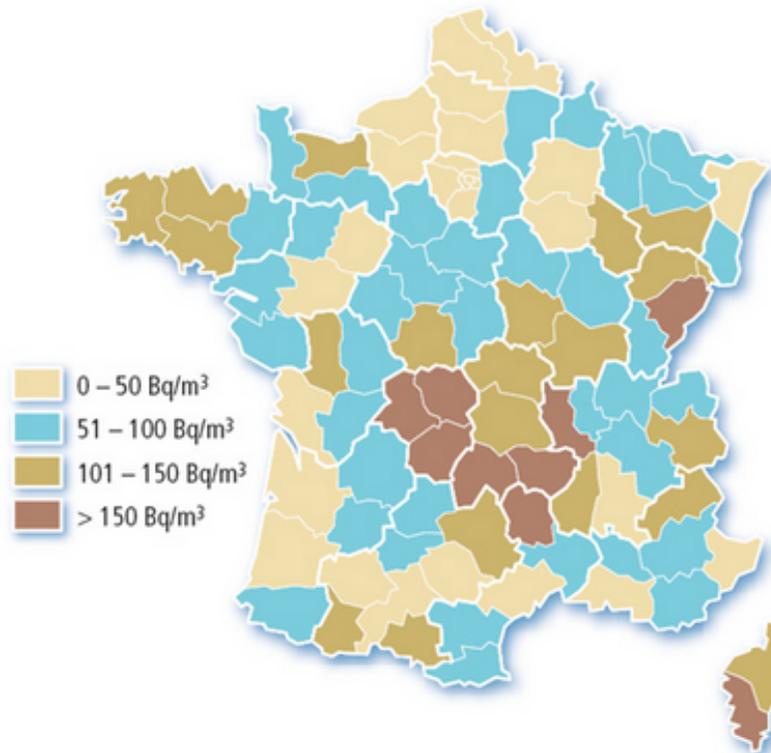
## Divers scenarii à horizon 2020 selon les choix politiques et les résultats escomptés

### Loss in life expectancy attributable to exposure to fine particulate matter – Scenario A



# Radon : activités volumiques moyennes dans les *habitations* en France

- Mesures se font sur une période de 3 mois en hiver
- Valeur moyenne en France : 61 Bq/m<sup>3</sup>
- Valeurs : constructions sur sols granitiques > roches magmatiques non granitiques > roches sédimentaires
- Concentrations diminuent avec les étages.



Moyenne par département des concentrations en radon dans l'air des habitations (en Bq/m<sup>3</sup>)

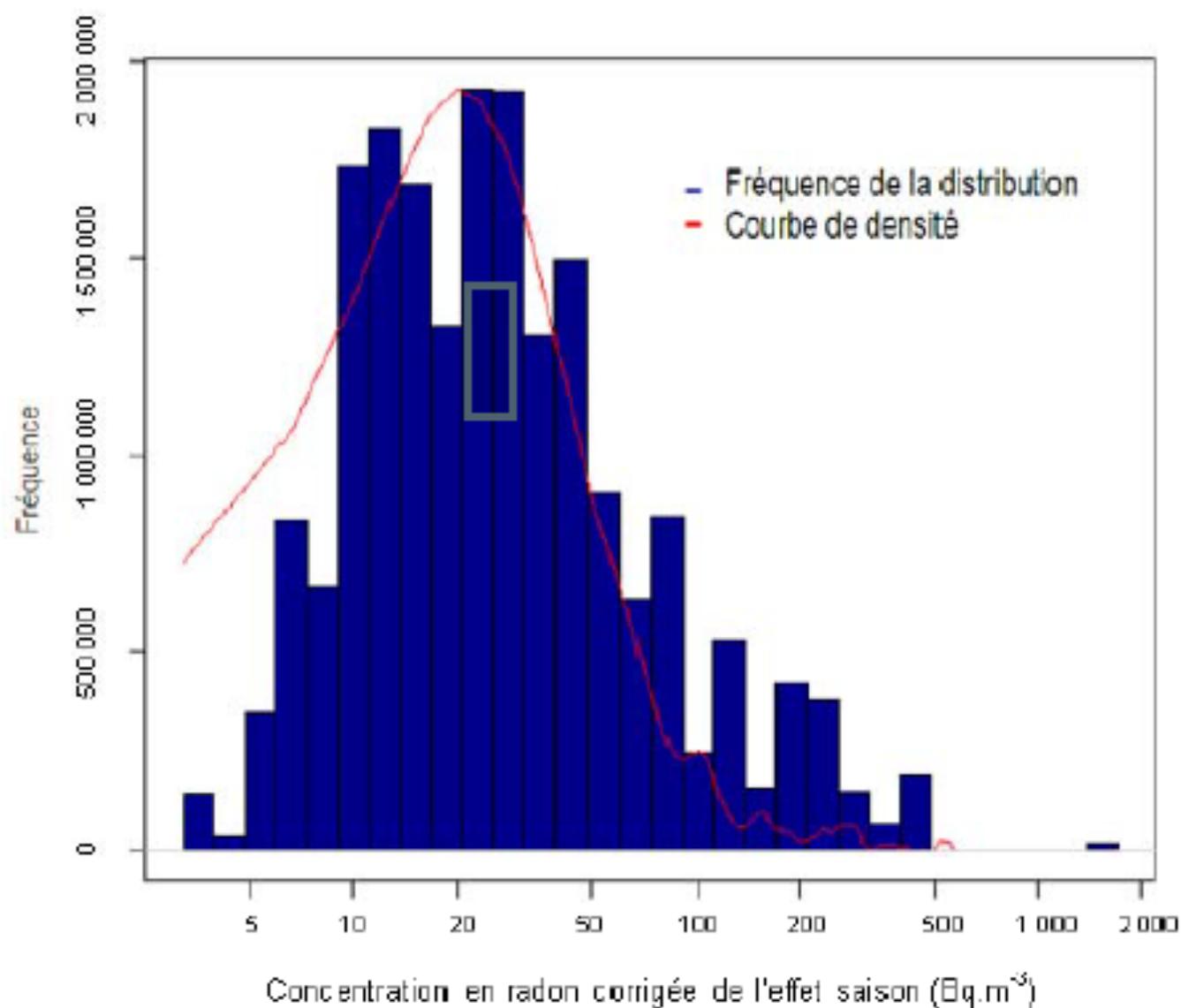
...mais fortes variations selon les habitations, y compris entre 2 maisons voisines:

Sources:

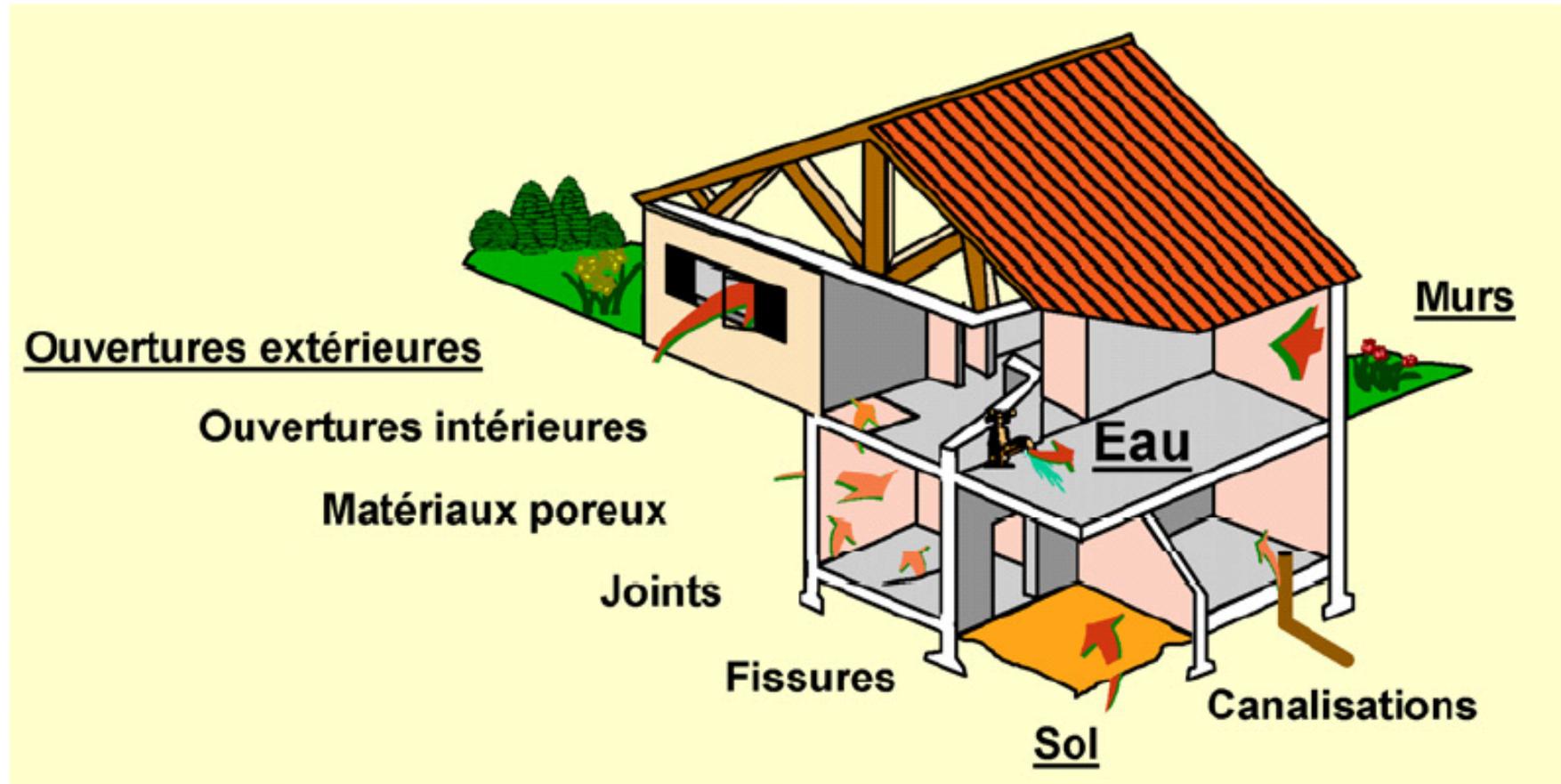
Rapport InVS 2014

IRSN [IRSN lien dossier radon](#)

Figure 1. Distribution de la concentration en radon dans les résidences principales de France métropolitaine (campagne nationale logements de l'OQAI ; 2003-2005, données pondérées et corrigées de l'effet de saison)



## Accumulation du radon dans une habitation



Baysson, Tirmarche. Risque de cancer du poumon après exposition au radon. Etat des connaissances épidémiologiques Arch Mal Prof; 2008;69:58-66

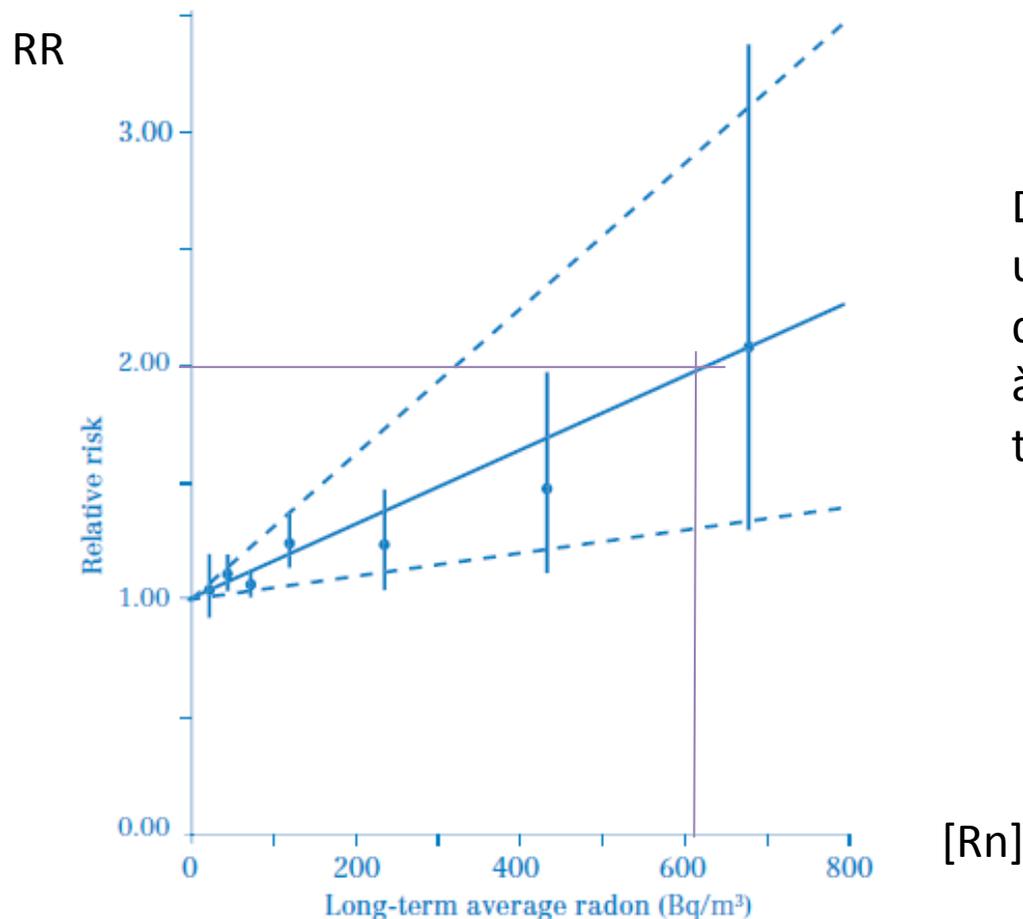
# Fraction de risque des CBP attribuables au radon dans différents pays

Table 5. Estimates of the proportion of lung cancer attributable to radon in selected countries

Country	Mean indoor radon [Bq/m <sup>3</sup> ]	Risk estimate used in calculation	Percentage of lung cancer attributed to radon [%]	Estimated no. of deaths due to radon-induced lung cancer each year
Canada (Brand et al. 2005)	28	BEIR VI	7.8	1 400
Germany (Menzler et al. 2008)	49	European pooling study <sup>a</sup>	5	1 896
Switzerland (Menzler et al. 2008)	78	European pooling study <sup>a</sup>	8.3	231
United Kingdom (AGIR 2009)	21	European pooling study <sup>a</sup>	3.3	1 089
		BEIR VI	6	2 005
France (Catelinois et al. 2006)	89	European pooling study	5	1 234
		BEIR VI	12	2 913
United States (BEIR VI, 1999)	46	BEIR VI	10-14	15 400 - 21 800

<sup>a</sup> with adjustment for year-to-year variation in indoor radon concentrations.

# Radon et CBP : relation dose effet

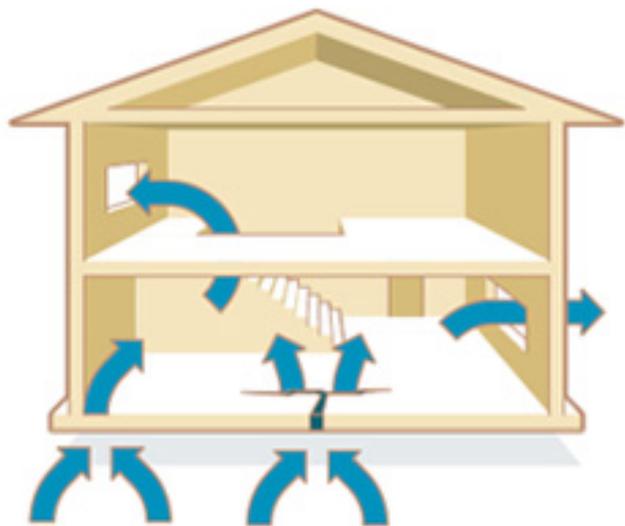


Doublement du risque pour une exposition chronique de l'ordre de 600 Bq/m<sup>3</sup>... à tempérer par le tabagisme!

Source: Darby et al. 2005

Relative risks and 95% confidence intervals are shown for categorical analyses and also best fitting straight line. Risks are relative to that at 0 Bq/m<sup>3</sup>.

Figure 1. Relative risk of lung cancer versus long-term average residential radon concentration in the European pooling study



*Aération des pièces habitées  
par ouverture des fenêtres.*



*Drainage du radon par mise  
en dépression du sol sous-jacent  
au bâtiment.*

