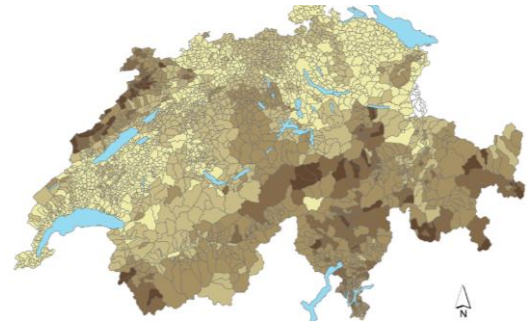




Swiss TPH



## Épidémiologie : des données probantes au risque individuel

Le Rendez-vous du Radon 2025, Berne, 20 mai 2025

Pr Martin Röösli

## Stratégie énergétique et santé – ce dont il faudra tenir compte pour la mise en œuvre de la Stratégie énergétique 2050

scnat, 2016, de

scnat, 2016, fr

Tendances	Facteur d'influence	Aspects sanitaires*	Solutions
A) Bâtiments			
Enveloppe de bâtiment plus étanche	Radon	Augmentation du risque de cancer du poumon, voire autres effets cancérogènes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meilleure étanchéité du sol ou des caves</li> <li>• Drainage du radon</li> <li>• Bonne aération</li> </ul>

## Appel téléphonique

Une femme me téléphone, paniquée à l'idée qu'une concentration de radon de 1000 Bq/m<sup>3</sup> ait été mesurée dans son logement. Quelle est la probabilité qu'elle développe un cancer du poumon pour cette raison ?

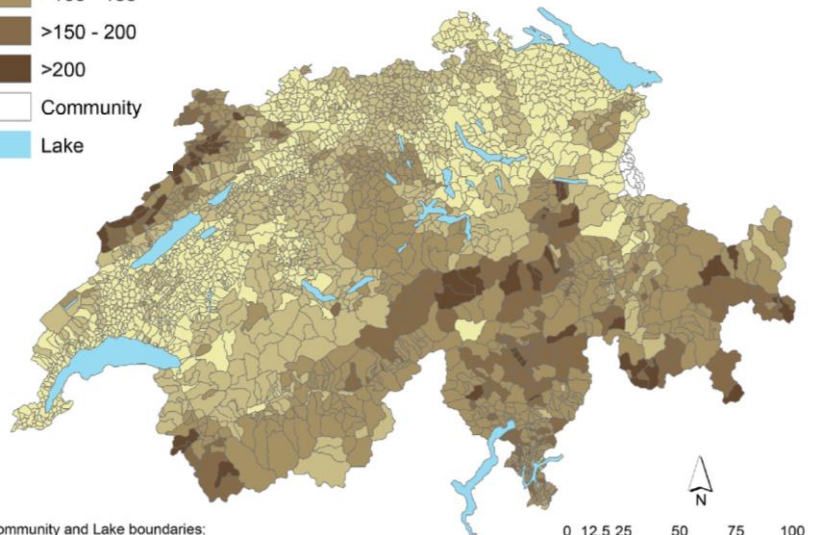
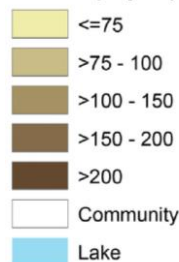
- a) ~100 %
- b) ~20 %
- c) ~10 %
- d) ~5 %
- e) ~1 %



Source : générée par IA

# Répartition du radon et des cancers du poumon en Suisse

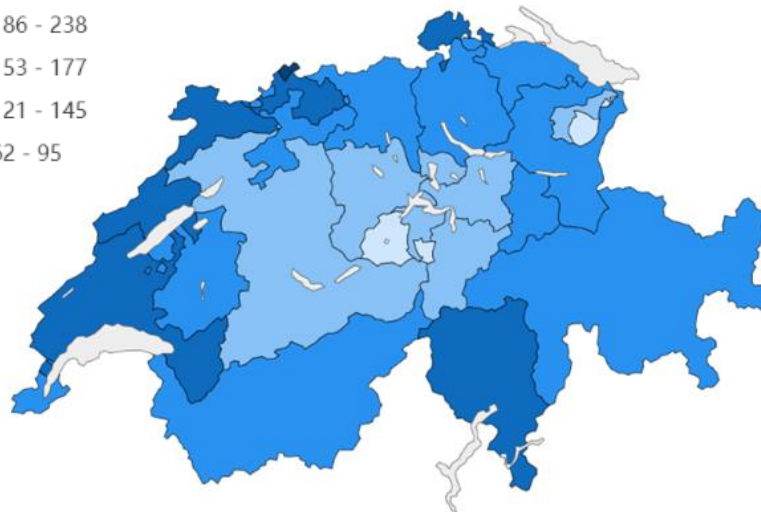
## Radon ( $\text{Bq/m}^3$ )



Community and Lake boundaries:  
"Generalisierte Gemeindegrenzen, Stufe 3: Geodaten," BFS 2001

Fig. 2. Predicted arithmetic mean radon concentrations ( $\text{Bq/m}^3$ ) at community using the linear model (top) and random forest (bottom).

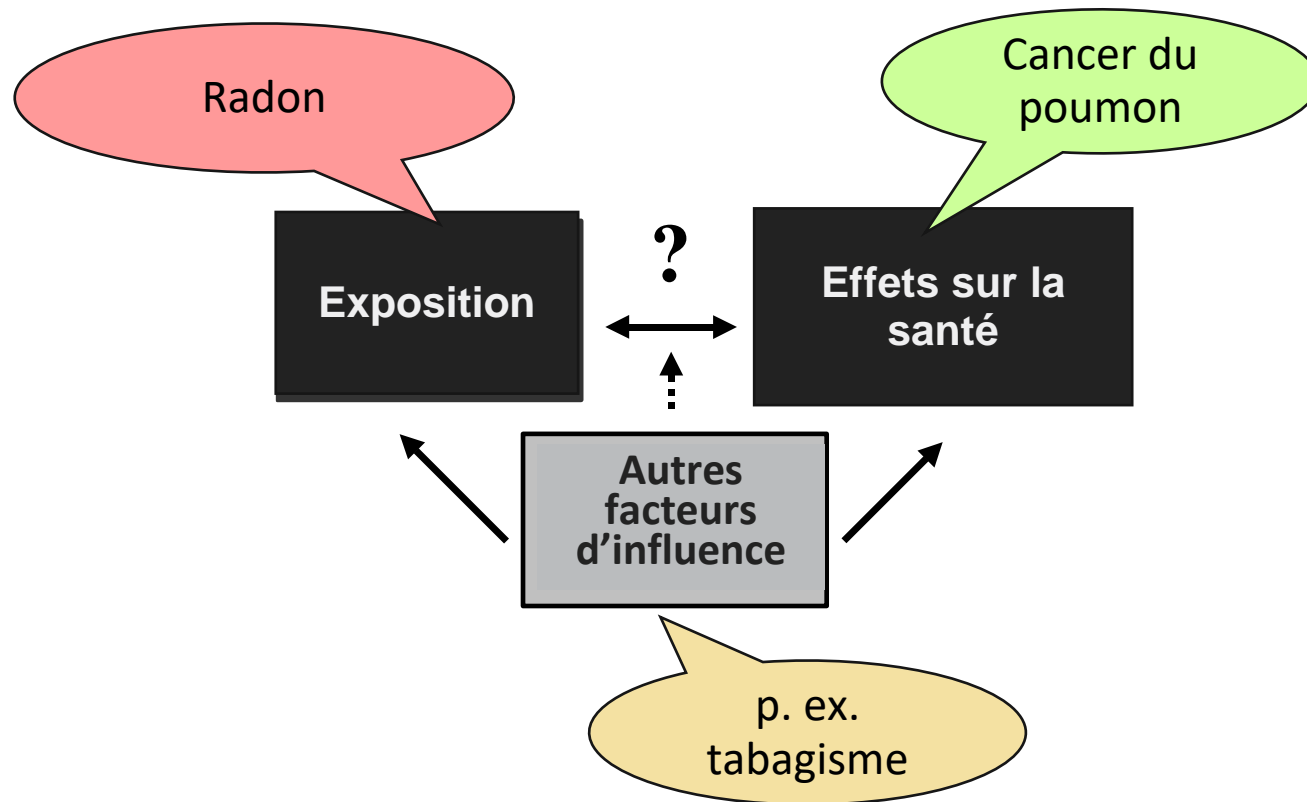
## Taux standardisé de cancers du poumon (pour 100 000 hab.)



<https://www.versorgungsatlas.ch/indicator/115>

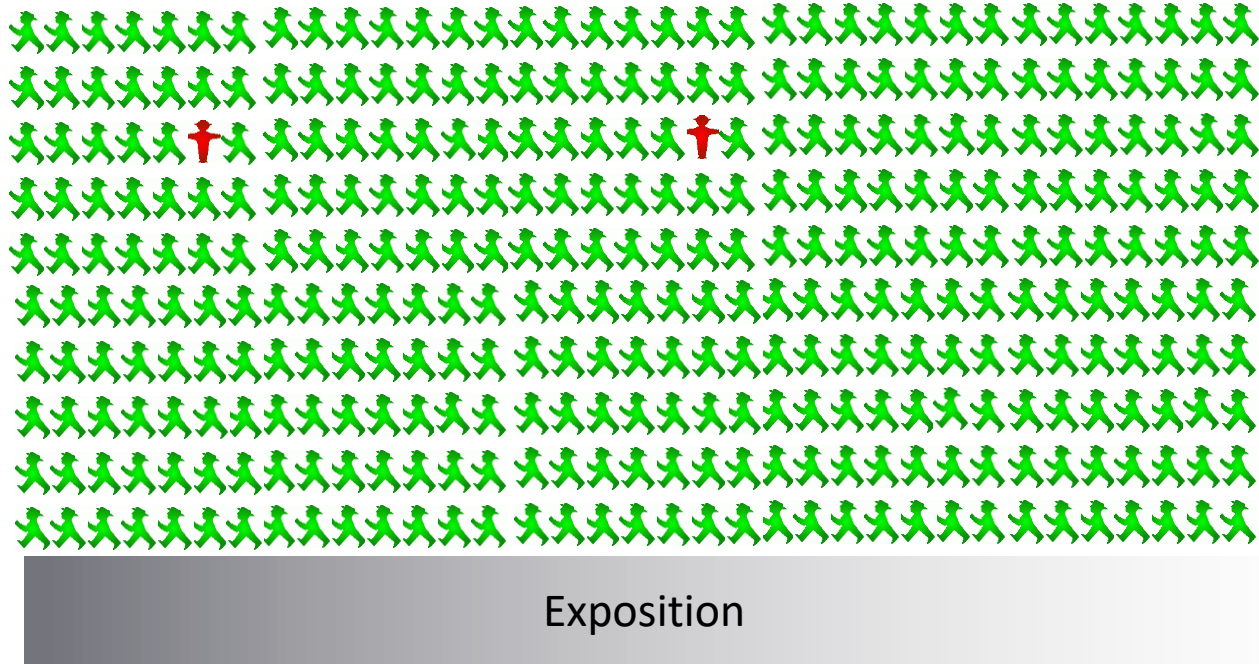
Vienneau et al., Env Poll, 2021

# Recherche épidémiologique sur le radon



# Étude de cohorte

Taux de maladie en fonction de l'exposition



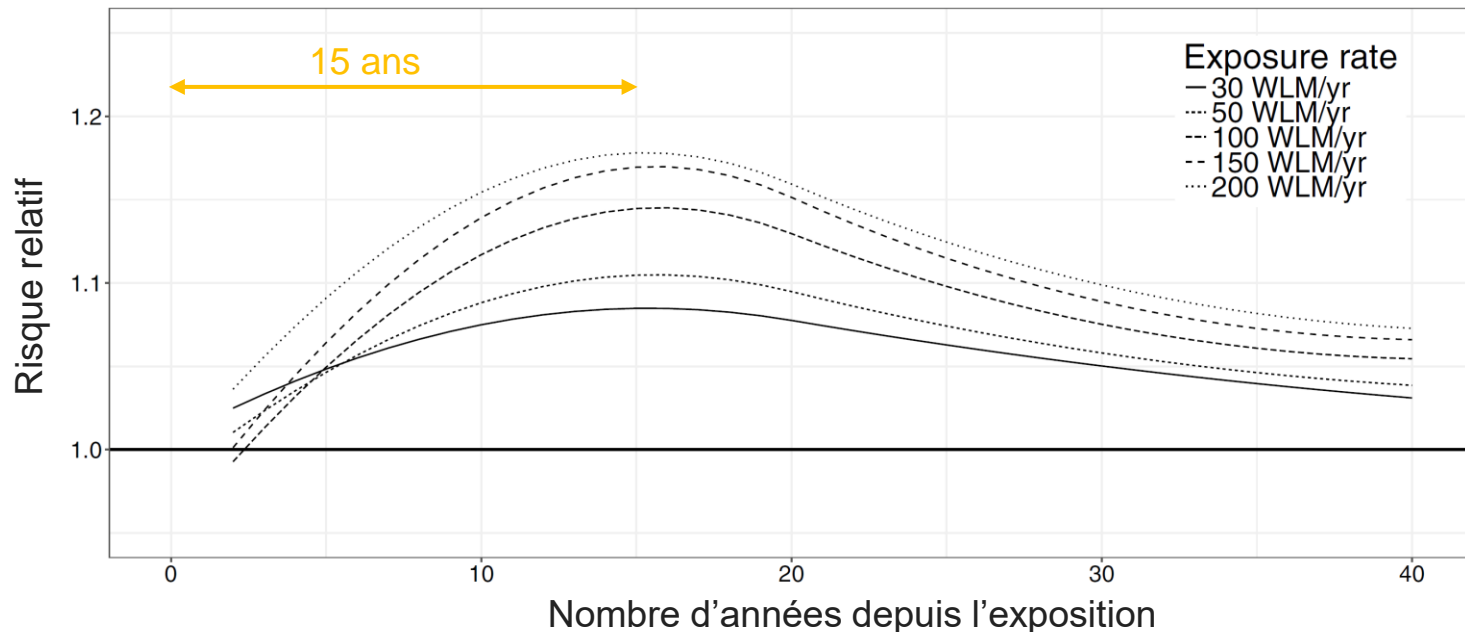
# Étude de cohorte réalisée auprès des travailleurs exposés au bismuth dans les mines d'uranium (Allemagne)

59 000 travailleurs ayant commencé à travailler entre 1946 et 1989 et observés jusqu'en 2003

WLM = Working level  
month

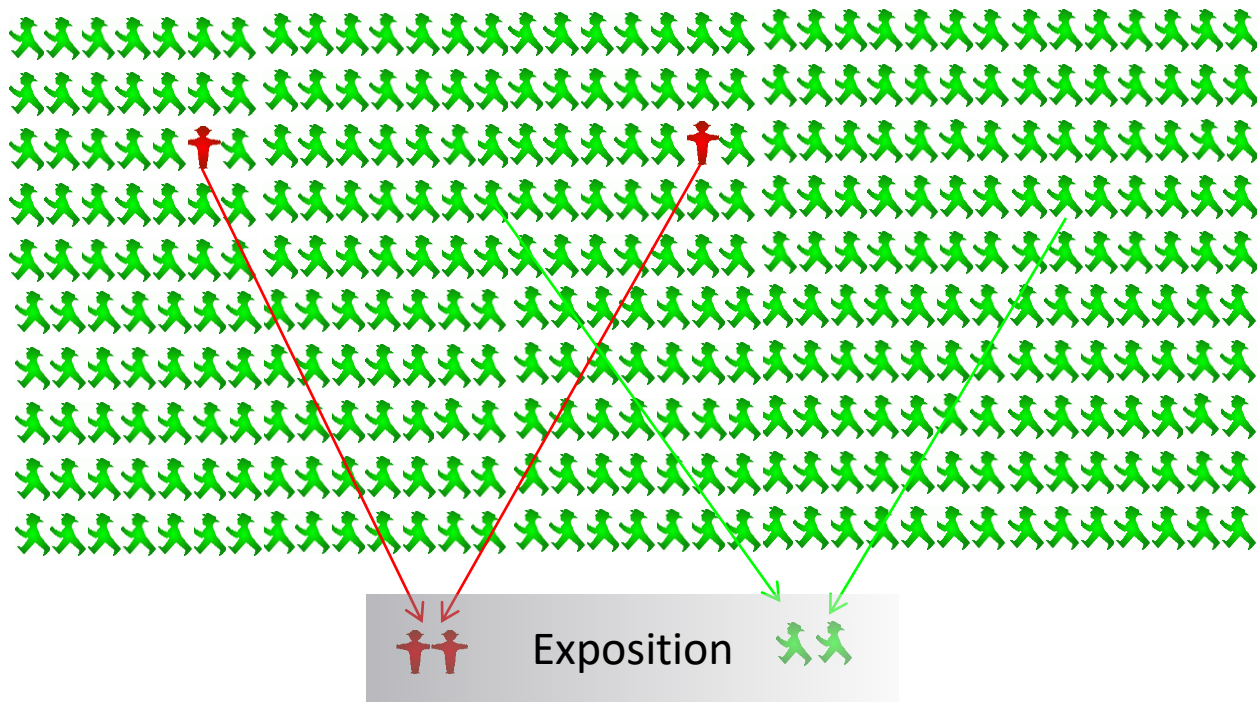
WL =  $1.3 \cdot 10^5$  MeV  
alpha énergie de  
désintégration par  
litre d'air (correspond  
à une concentration  
de 3700 Bq/m<sup>3</sup>)

Assenmacher et al.,  
Rad Env Biophys,  
2019



# Études cas-témoins

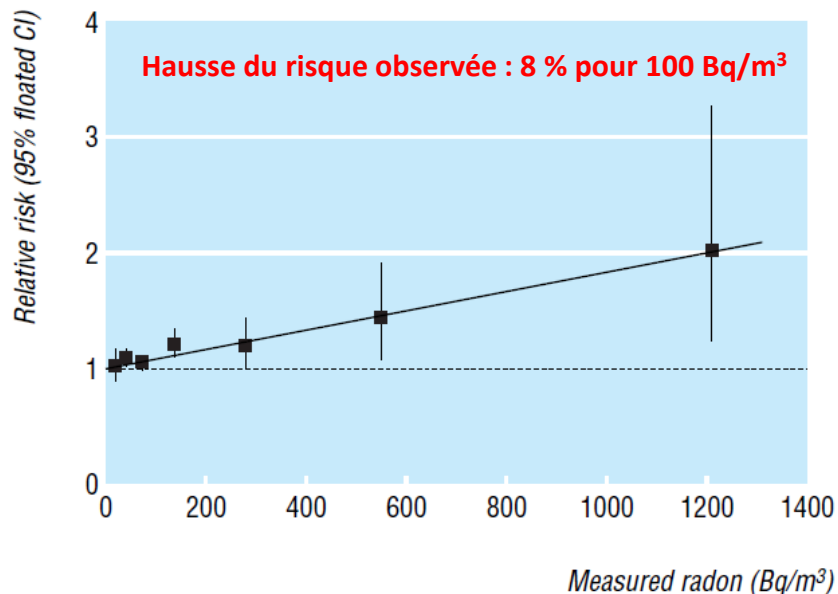
Comparaison de l'exposition entre les personnes malades et les personnes en bonne santé





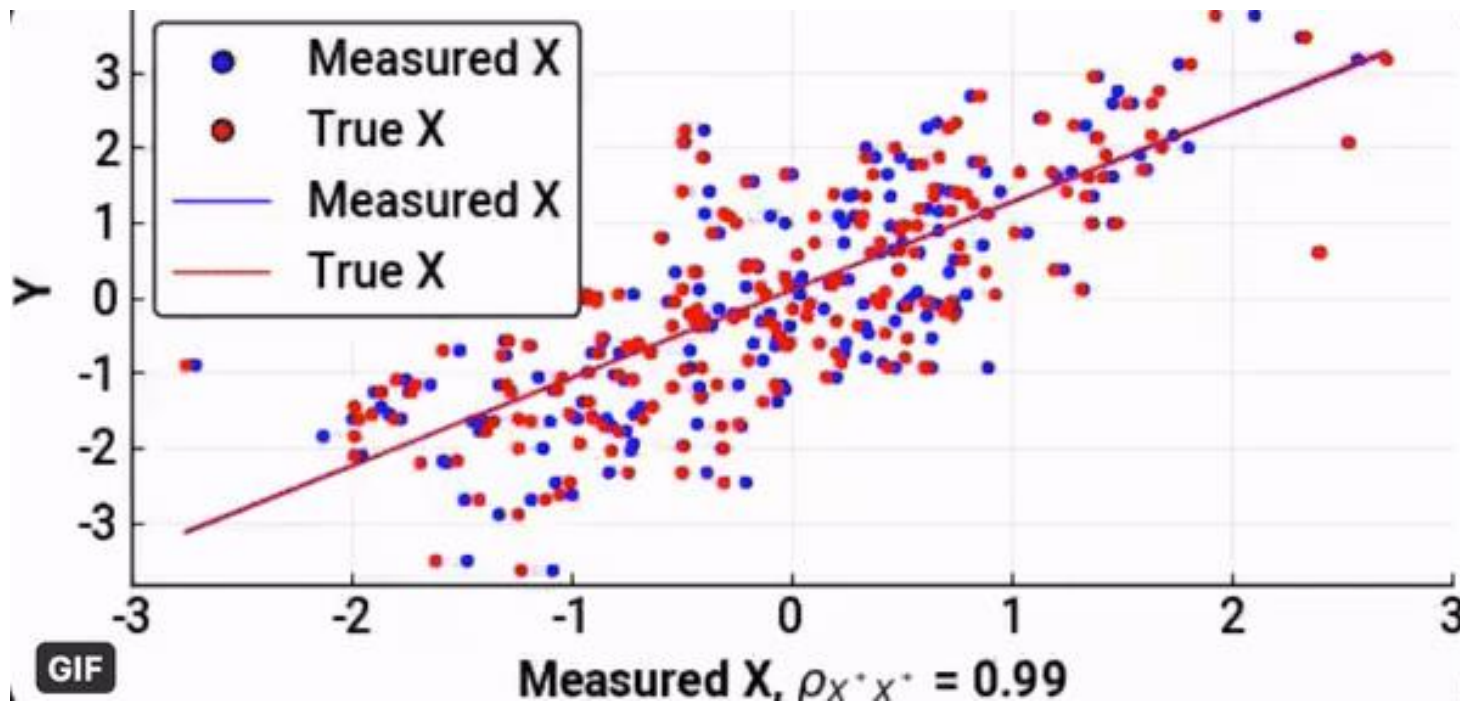
# Méta-analyse de 13 études cas-témoins européennes

- Inclus : 7148 cas de cancer du poumon et 14 208 personnes contrôlées
- Concentration de radon mesurée à la maison (5-35 ans avant le diagnostic)



Darby et al., BMJ, 2005

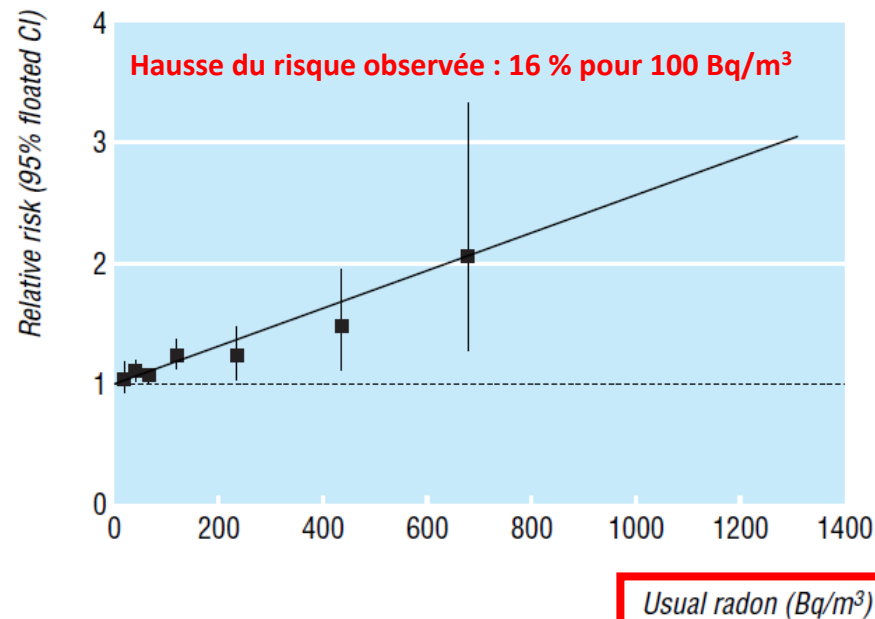
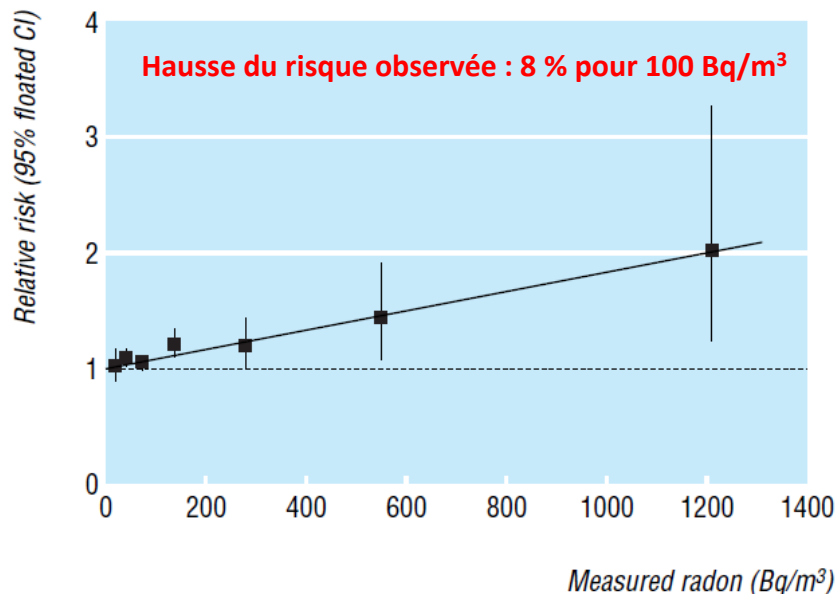
# Erreurs aléatoires lors de l'exposition : sous-évaluation



Source : <https://twitter.com/PronouncedKeil/status/1329048355490639873?s=20>

# Méta-analyse de 13 études cas-témoins européennes

- Inclus : 7148 cas de cancer du poumon et 14 208 personnes contrôlées
- Concentration de radon mesurée à la maison (5-35 ans avant le diagnostic)



Darby et al, BMJ, 2005

# Vue d'ensemble des méta-analyses sur le radon

Étude	Nombre de cas	Nombre de contrôles	Durée d'exposition (années)	Hausse du risque* (mesurée)	Hausse du risque (à long terme)
Europe (Darby et al. 2005, 2006)	7148	14 208	5-35	8 (95% IC : 3,16)	16 (95% IC : 5,31)
Amérique du Nord (Krewski et al. 2005, 2006)	3662	4966	5-30	11 (95% IC : 0,28)	-
Chine (Lubin et al. 2004)	1050	1995	5-30	13 (95% IC : 1,36)	-
<b>Moyenne pondérée</b>				<b>10</b>	<b>~20</b>

\* En % pour 100 Bq/m<sup>3</sup>

OMS, Radon Handbook, 2009

# Quel rôle joue le tabagisme ?

Hausse relative du risque à peu près identique pour les fumeurs et les non-fumeurs.

Cheng, ERR, 2021

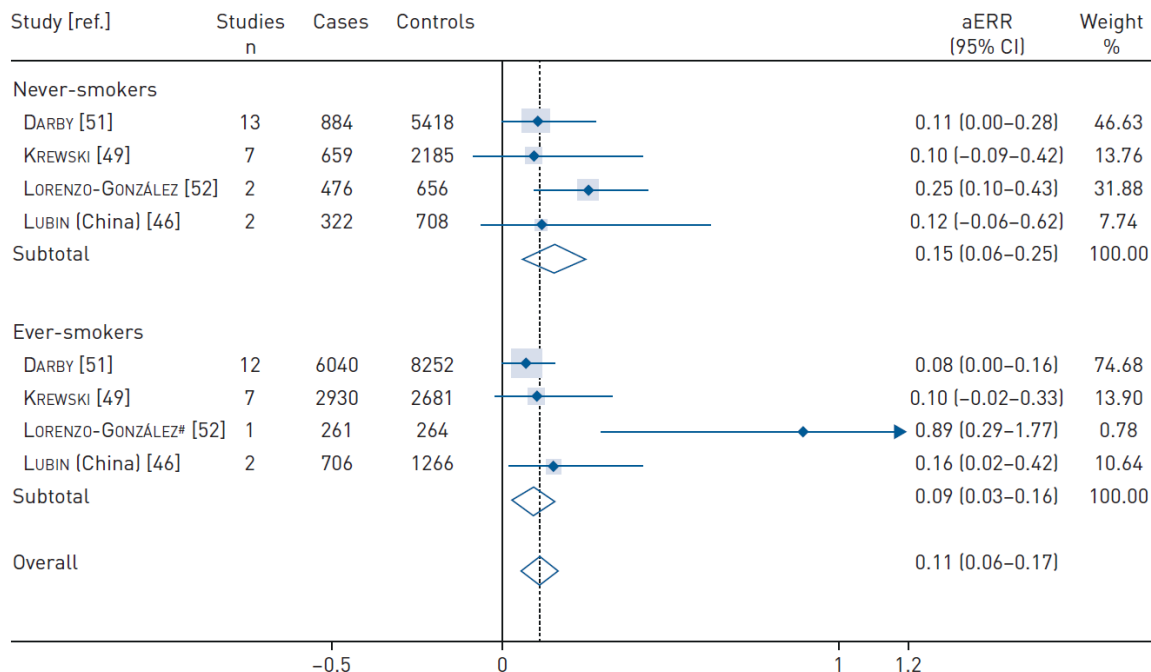
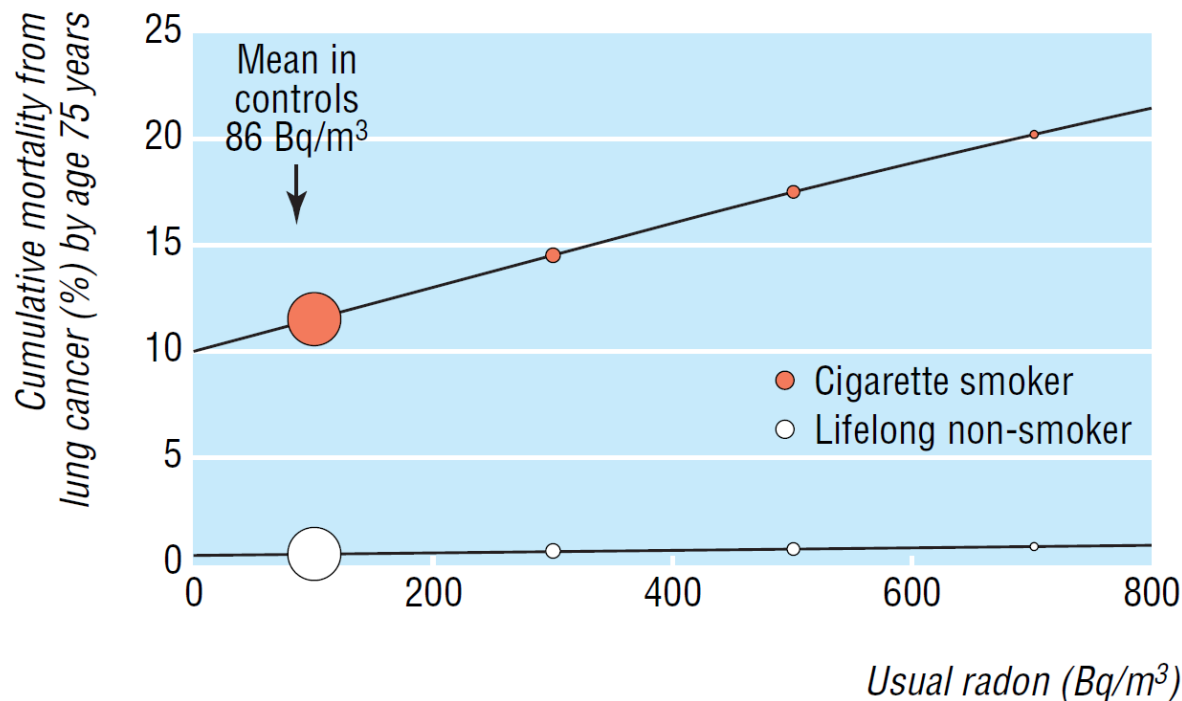


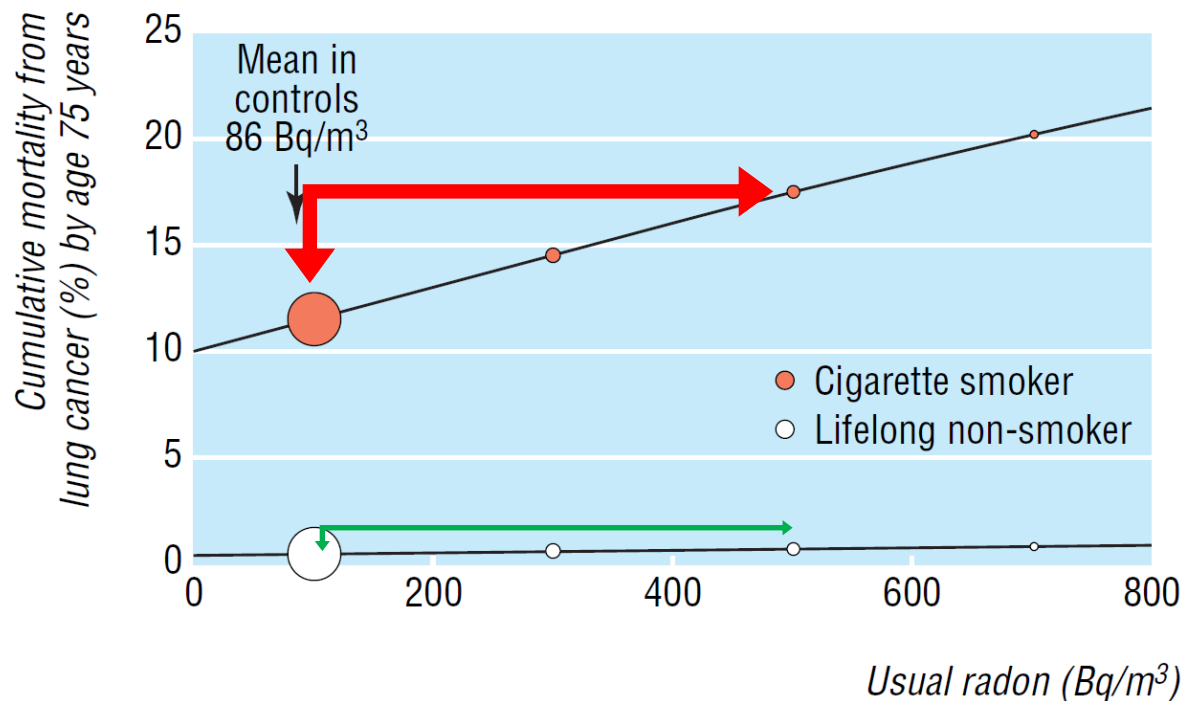
FIGURE 2 Adjusted excess relative risk (aERR) and 95% CI per 100 Bq·m<sup>–3</sup> [radon exposure] for diagnosis of lung cancer. #: BARROS-Dios *et al.* [66] in this pooled study contributed to the “ever-smoker” meta-analysis. p=0.32 for test of difference between aERRs for never-smokers and ever-smokers.

# Risque de cancer du poumon lié au radon en fonction du statut tabagique



Darby et al., BMJ, 2005

# Risque de cancer du poumon lié au radon en fonction du statut tabagique



## Risque absolu

500 vs 100  $Bq/m^3$  :

Fumeurs : 5 %

Non-fumeurs : < 0,1 %

Darby et al., BMJ, 2005

## Appel téléphonique

Une femme me téléphone, paniquée à l'idée qu'une concentration de radon de 1000 Bq/m<sup>3</sup> ait été mesurée dans son logement. Quelle est la probabilité qu'elle développe un cancer des poumons pour cette raison ?

- a) ~100 %
- b) ~20 % (si elle fume)
- c) ~10 %
- d) ~5 %
- e) ~1 % (si elle ne fume pas)



Source : générée par IA



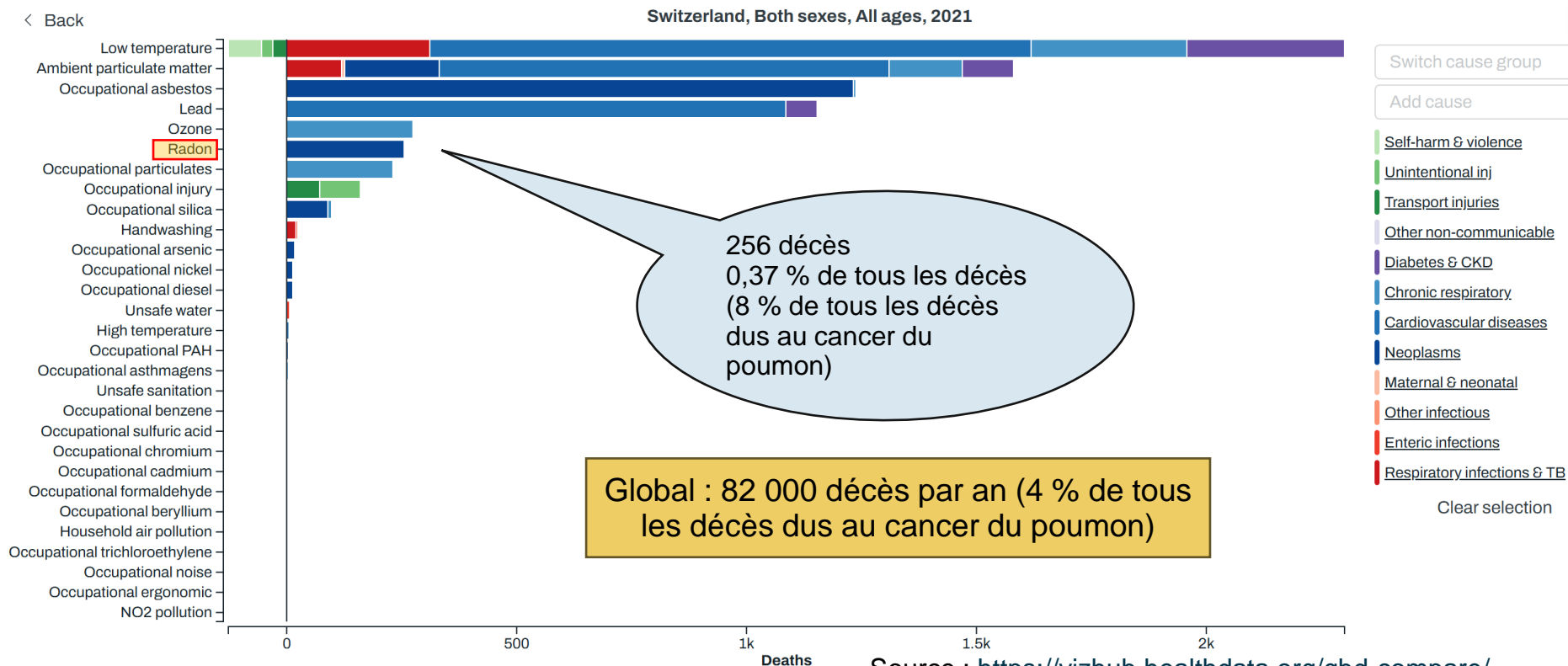
# Cas attribuables de cancer du poumon en Suisse

**Table 3.** Attributable fraction for lung cancer due to indoor radon in Switzerland and Germany, compared to outdoor air concentrations of  $10 \text{ Bq m}^{-3}$  (Switzerland) and  $9 \text{ Bq m}^{-3}$  (Germany). Based on the European indoor model after measurement error correction and likewise corrected radon distribution, calculated separately for sex and smoking.

Sex	Smoking status	PAF in %	95% CI		No. cases per year		95% CI	
Switzerland								
Men	Non-smoker	8.8	3.3	23.2	5	2	14	
Men	Smoker	8.2	3.1	21.5	164	62	427	
Women	Non-smoker	8.8	3.3	23.2	8	3	21	
Women	Smoker	8.6	3.2	22.6	54	20	143	
Sum		8.3			231			
Germany								
Men	Non-smoker	5.2	1.8	13.2	32	11	81	
Men	Smoker	5.0	1.7	12.5	1,390	478	3,484	
Women	Non-smoker	5.2	1.8	13.2	127	44	320	
Women	Smoker	5.2	1.8	13.0	347	119	874	
Sum		5.0			1,896			

Menzler, Health Phys, 2008

# Estimations de la charge de morbidité



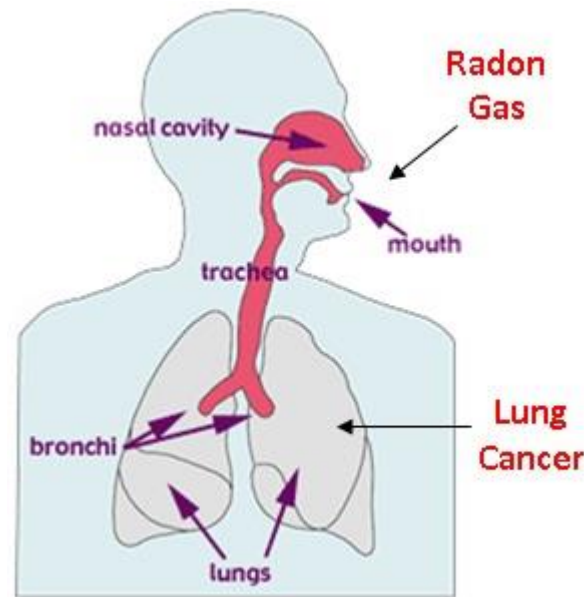
Source : <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

# Contexte : dose de radon à l'organe

Dose équivalente annuelle pour les différents organes pour une concentration de radon de 200 Bq/m<sup>3</sup>

Adultes (tiré de Kendall et al. 2002, 2005) :

- Poumons : 97 mSv
- Peau : 25 mSv
- Reins : 2,9 mSv
- Autres organes : < 1 mSv

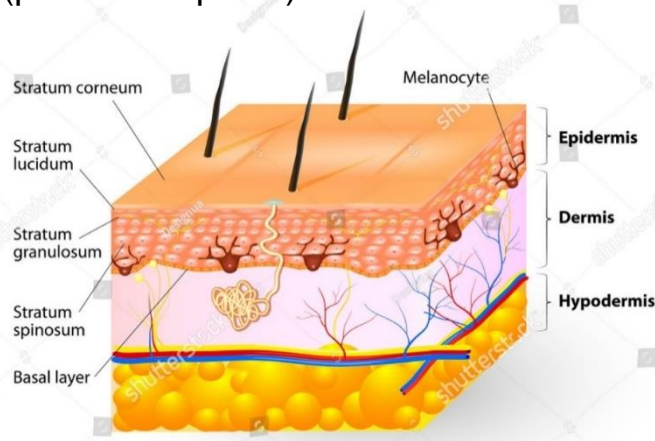


Radon Center, Ireland, <http://www.radon.ie/>

# Cancer de la peau ?

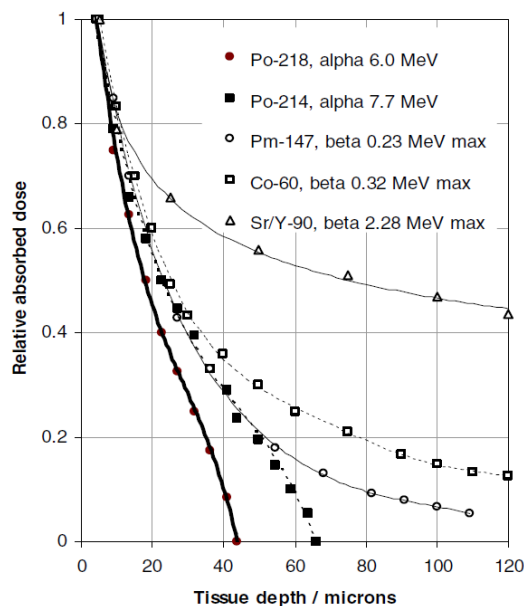
## Coupe longitudinale

30  $\mu\text{m}$  (paupière) – 4 mm  
(plante des pieds)



Source : [www.shutterstock.com/](http://www.shutterstock.com/)

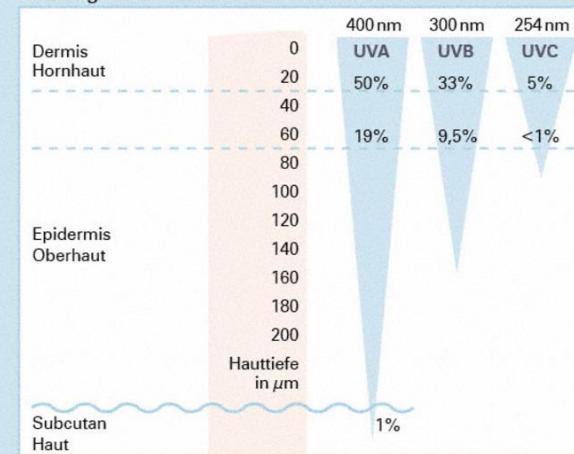
## Profondeur de pénétration particules $\alpha$



Charles, JRP, 2007

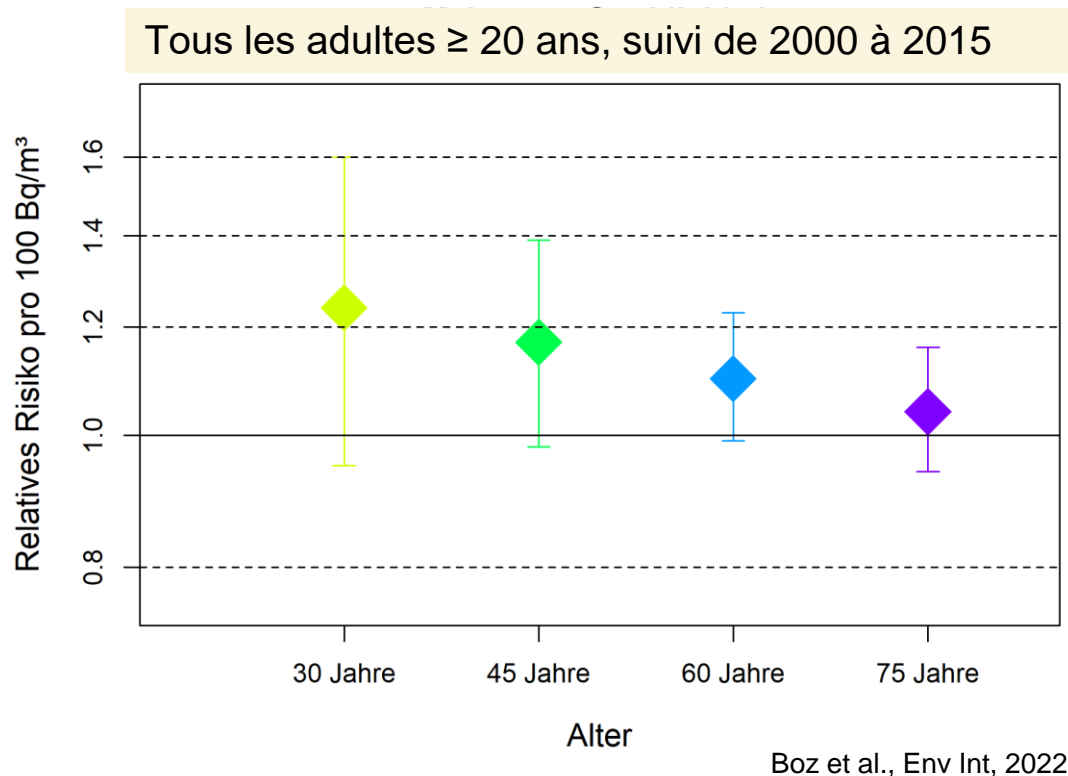
## Profondeur de pénétration rayonnement UV

### Eindringtiefe von UV-Strahlen in die Haut



Source : [www.sterilair.com](http://www.sterilair.com)

# Étude de cohorte nationale suisse : mortalité due au mélanome

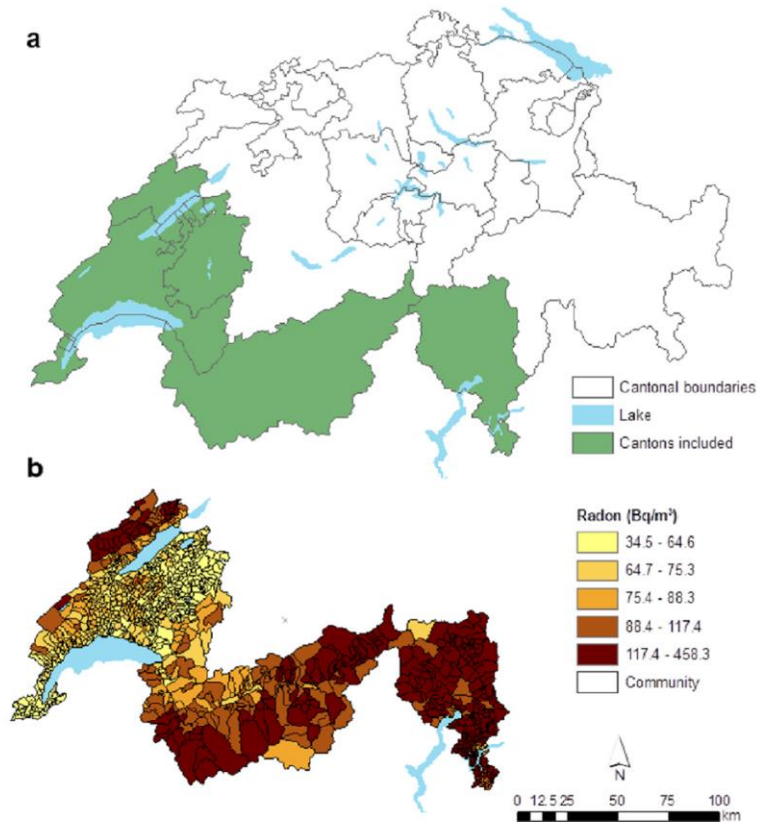


Ajusté pour l'exposition aux UV, l'âge comme échelle de temps, tendance temporelle, sexe, état civil, langue maternelle, niveau de formation, indice socio-économique, environnement professionnel (ainsi que interaction entre âge et expositions au radon).

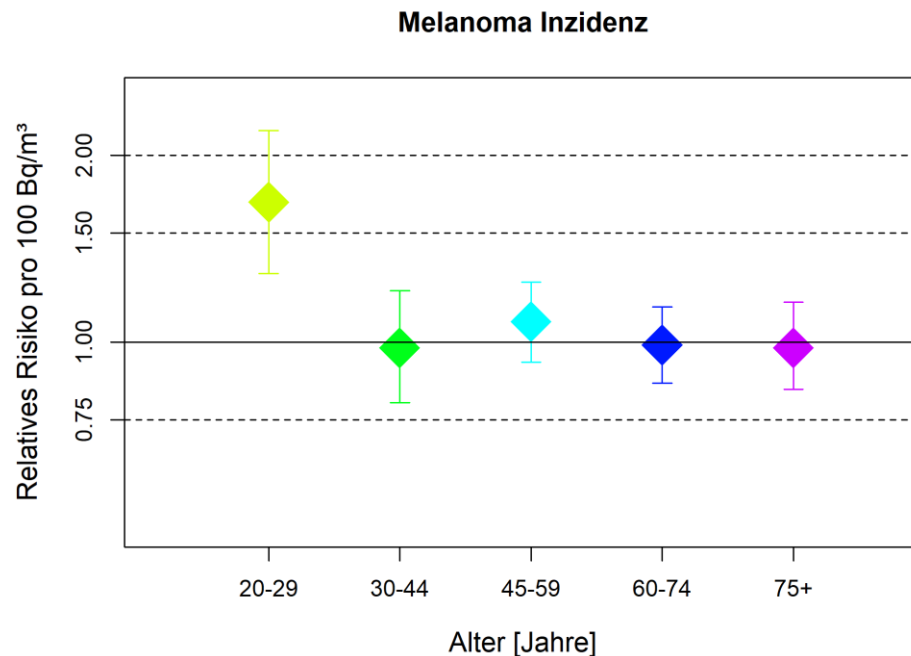
Cohorte totale  
(n = 4,9 mio, 3979 décès) :  
**RR = 1,10 (0,99-1,23)**

N'a pas déménagé entre 1991 et 2001  
(n = 2,3 mio, 2805 décès) :  
**RR = 1,14 (1,00-1,30)**

# Incidence de mélanomes et radon



Tous les adultes  $\geq 20$  ans, suivi de 2000 à 2012  
(n = 1,3 mio, 4937 patients)



Boz et al., Env Res, 2024

# Régime danois, cancer et cohorte de santé (n = 57 000, 1993-2011)

**Table 2. Association between time-weighted average radon exposure<sup>#</sup> and basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma and malignant melanoma among 51,445 Diet Cancer Health cohort participants.**

	Cases,n	Incidence rate ratios (95% CI) Model 1 <sup>a</sup>	Model 2 <sup>a,b</sup>
Basal cell carcinoma			
< 16.4 Bq/m <sup>3</sup>	747	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m <sup>3</sup>	746	1.15 (1.05, 1.25)	1.07 (0.98, 1.17)
(38.3–65.6) Bq/m <sup>3</sup>	872	1.34 (1.23, 1.46)	1.20 (1.10, 1.31)
> 65.6	878	1.28 (1.18, 1.40)	1.15 (1.05, 1.26)
<i>Linear trend per 100 Bq/m<sup>3</sup></i>	3243	<i>1.32 (1.20, 1.44)</i>	<i>1.14 (1.03, 1.27)</i>
Squamous cell carcinoma			
< 16.4 Bq/m <sup>3</sup>	83	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m <sup>3</sup>	73	0.90 (0.69, 1.18)	0.89 (0.65, 1.15)
(38.3–65.6) Bq/m <sup>3</sup>	76	1.22 (0.87, 1.45)	1.00 (0.76, 1.33)
> 65.6 Bq/m <sup>3</sup>	85	1.06 (0.82, 1.38)	0.95 (0.72, 1.27)
<i>Linear trend per 100 Bq/m<sup>3</sup></i>	317	<i>1.12 (0.83, 1.50)</i>	<i>0.90 (0.70, 1.37)</i>
Malignant melanoma			
< 16.4 Bq/m <sup>3</sup>	62	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m <sup>3</sup>	87	1.43 (1.09, 1.87)	1.37 (1.04, 1.82)
(38.3–65.6) Bq/m <sup>3</sup>	85	1.36 (1.04, 1.80)	1.27 (0.94, 1.71)
> 65.6 Bq/m <sup>3</sup>	95	1.37 (1.04, 1.81)	1.24 (0.92, 1.69)
<i>Linear trend per 100 Bq/m<sup>3</sup></i>	329	<i>1.24 (1.09, 1.58)</i>	<i>1.08 (0.77, 1.50)</i>

<sup>a</sup>Adjusted for age (underlying time scale) and sex.

<sup>b</sup>Adjusted for skin reaction to sunlight, degree of freckles, degree of nevi, BMI, school attendance, area-level socio-economic status, leisure time physical activities including sports, cycling, walking and gardening as well as outdoor occupation (farming, mining, quarrying, roofing or asphalt road work) and mean daily hours of bright sunshine at the level of municipality of each residence.

Due to exclusion of cohort members with missing value in any covariate, the number of persons is identical in the crude and the adjusted analyses.

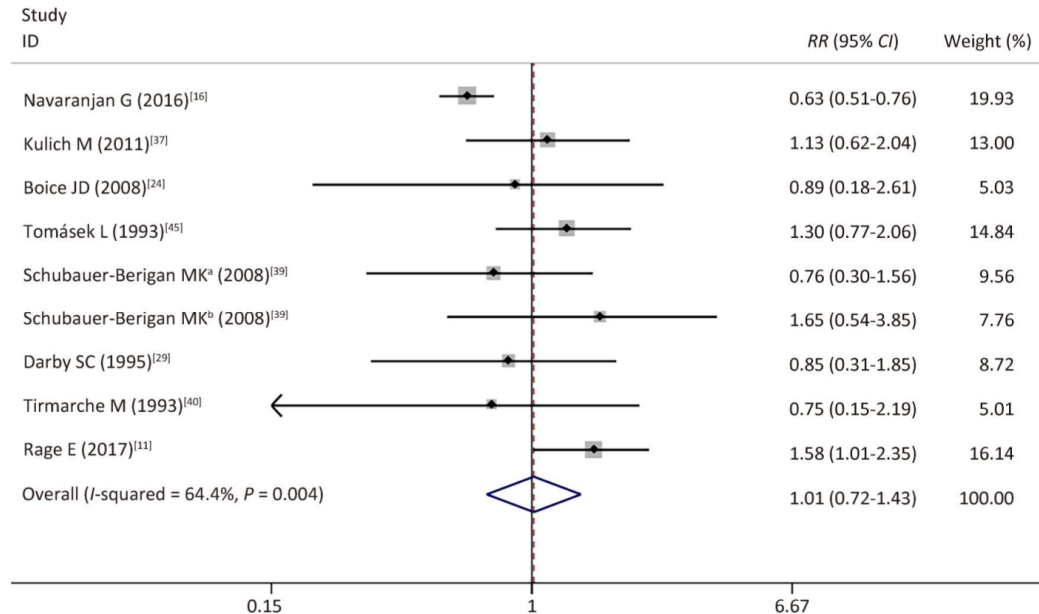
<sup>#</sup>Radon exposure was entered as a continuous variable in all models as the time-weighted average at residences from 1 January 1971 until censoring.

Bräuner et al., Plos One, 2015

# Tumeurs rénales : uniquement des études sur les travailleurs dans les mines

81 (No Title)

Biomed Environ Sci, 2018; 31(11): 805-815

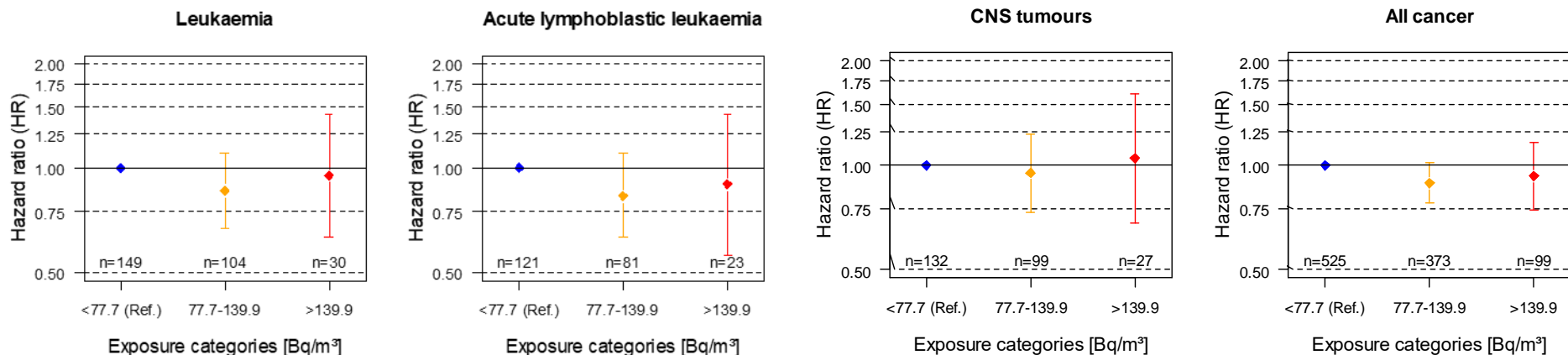


**Figure 2.** Forest plot of relative risks reported by 8 miner studies: <sup>a</sup>White uranium miners, <sup>b</sup>American Indian uranium miners.

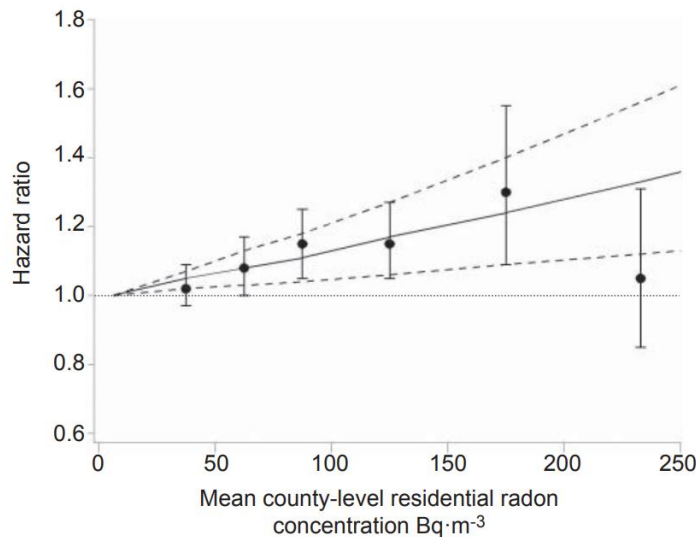


## Autres tumeurs ?

- Données de 811 961 personnes de 1982 à 2006 : 265 477 décès (Turner et al., AJE, 2012) : aucun lien clair avec d'autres types de cancer
- Même conclusion dans Mozzoni, 2021
- Tumeurs chez les enfants : rapports fréquents dans les études écologiques, mais pas dans les études de cas-témoins et de cohorte.
- Étude dans toute la Suisse : [Hauri et al., EHP, 2013](#)



# Broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)



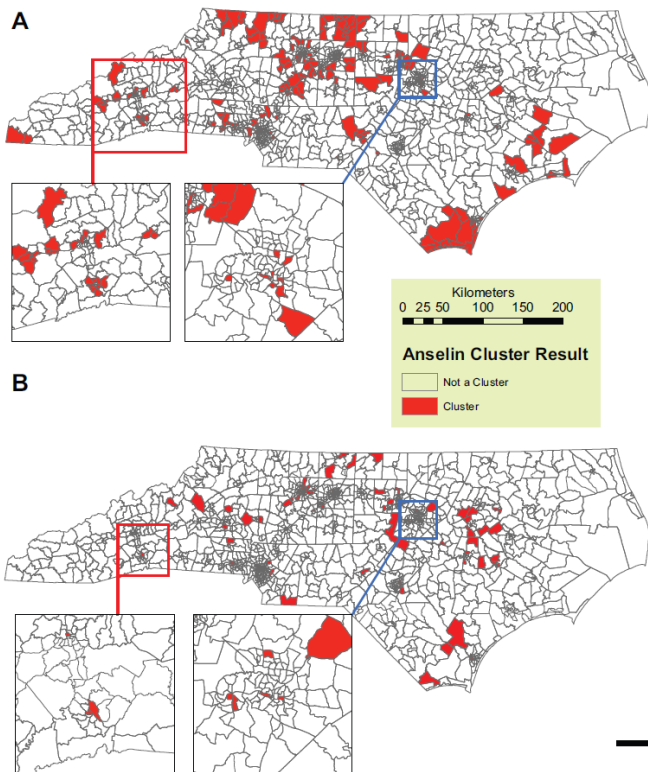
**FIGURE 1.** Adjusted hazard ratios with 95% confidence intervals (---) for chronic obstructive pulmonary disease mortality in relation to continuous (—) and categorical indicators of mean Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley, CA, USA) county-level residential radon concentrations at enrolment in 1982 and follow-up from 1982–2006, American Cancer Society Cancer Prevention Study-II. Reference category:  $<25 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Études écologiques de 1,2 million de personnes aux États-Unis de 1982 à 2006.

Aucun rapport dans de plus petites études réalisées en Galice (Barbosa-Lorenzo et al., 2017).

Turner et al., ERJ, 2012

# Eau potable et tumeurs ?



Étude écologique de Caroline du Nord  
avec des données de 1999 à 2009  
(Messier et al., 2017)

## A) **Cancer du poumon**

RR = 1,03 (CI 95% : 1,01, 1,06) pour 100 Bq/l

## B) **Cancer de l'estomac**

RR = 1,05 (CI 95% : 0,99, 1,11) pour 100 Bq/l

# Résumé

- Le lien entre le radon et le cancer du poumon est établi depuis longtemps.
- Environ 10 % des cas de cancer du poumon en Suisse sont causés par le radon.
  - Les fumeurs sont les premiers concernés en raison d'un risque de base plus élevé.
  - Pas de données sur l'exposition au radon chez l'enfant et le cancer du poumon chez l'adulte.
- Pour les cancers autres que celui du poumon, il n'existe aucune preuve de lien :
  - Indications isolées de tumeurs de la peau
- Peu de données sur d'autres maladies respiratoires
- Peu de données sur le radon dans l'eau potable

# Trügt die Idylle in meinem Elternhaus?

Der Vater unserer Autorin starb an Lungenkrebs.  
Als auch noch ihre Mutter erkrankt, kommt ihr ein Verdacht:  
das radioaktive Gas Radon.

TEXT ANITA BLUMER  
BILDER YVES BACHMANN

Anita Blumer, Das Magazin, N° 26 (2023), S. 14-21)

Swiss TPH 

Des questions ?

