Evolution des connaissances pour la gestion du risque lié au Radon

Conférence SOMETRAV-PACA

Marseille, 21 Janvier 2020

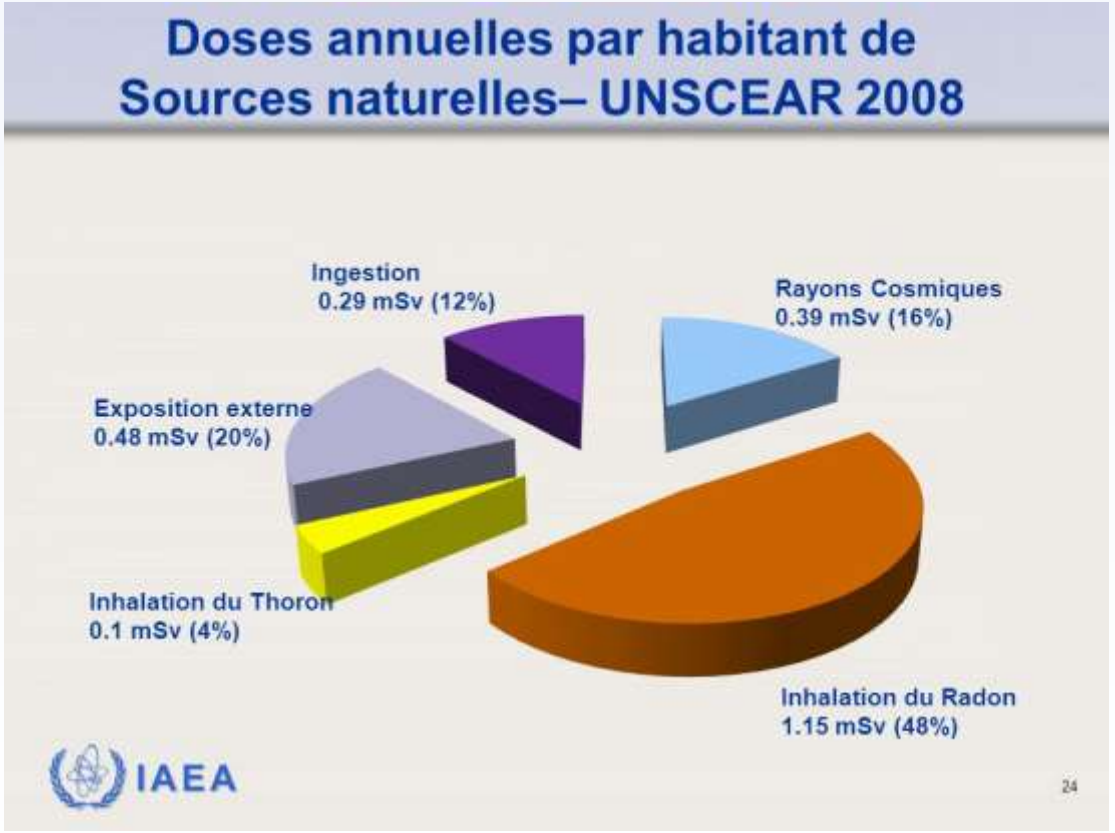
François Paquet, IRSN, CIPR

avec la contribution de A. Rannou, E. Cléro, D. Laurier IRSN

Pourquoi (tant de bruit sur) le Radon ?

Gaz naturel mais…..

Contribue pour moitié à l'exposition radiologique naturelle



Pourquoi (tant de bruit sur) le radon ?

Gaz naturel mais…..

Contribue à la majeure partie de l'exposition naturelle

Constitue la seconde cause de cancer de poumon

Pourquoi (tant de bruit sur) le radon ?

Gaz naturel mais…..

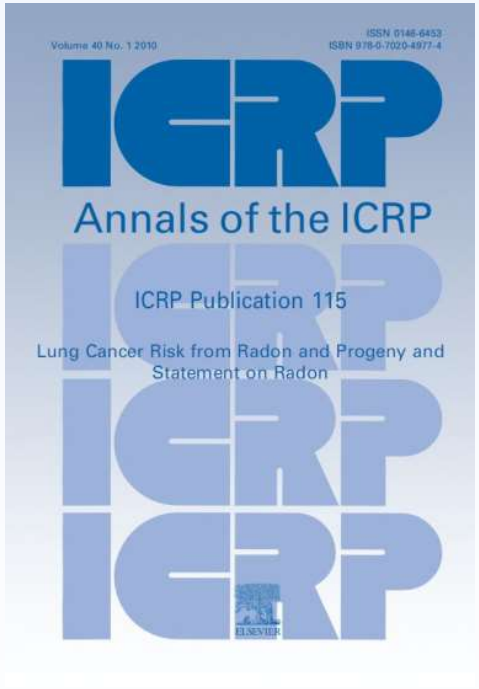
Contribue à la majeure partie de l'exposition naturelle

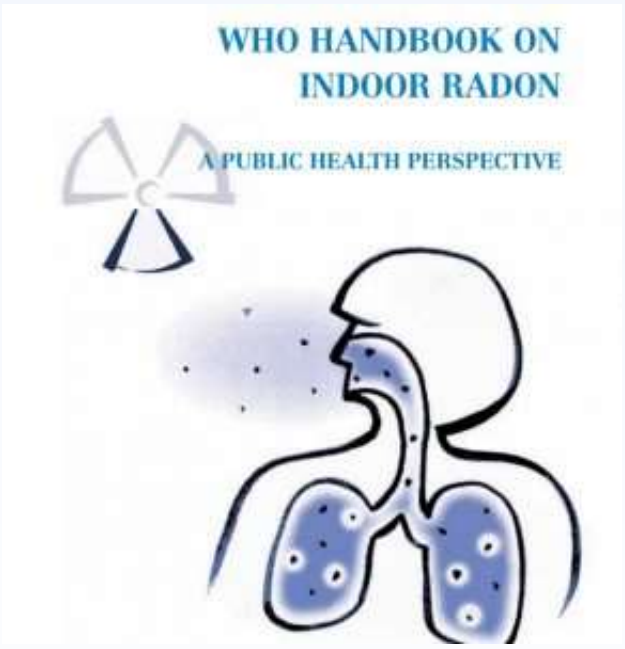
Constitue la seconde cause de cancer de poumon

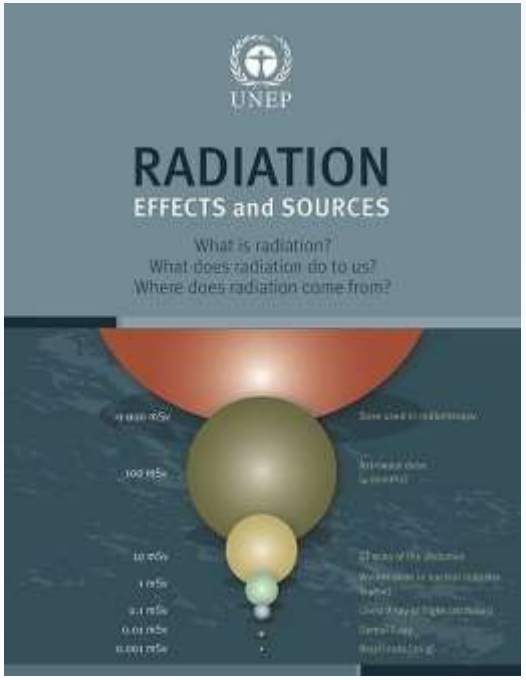
Concentrations dans les habitats et les lieux de travail varient de ≈ 10 à plusieurs milliers de Bq/m^3

Source : IRSN

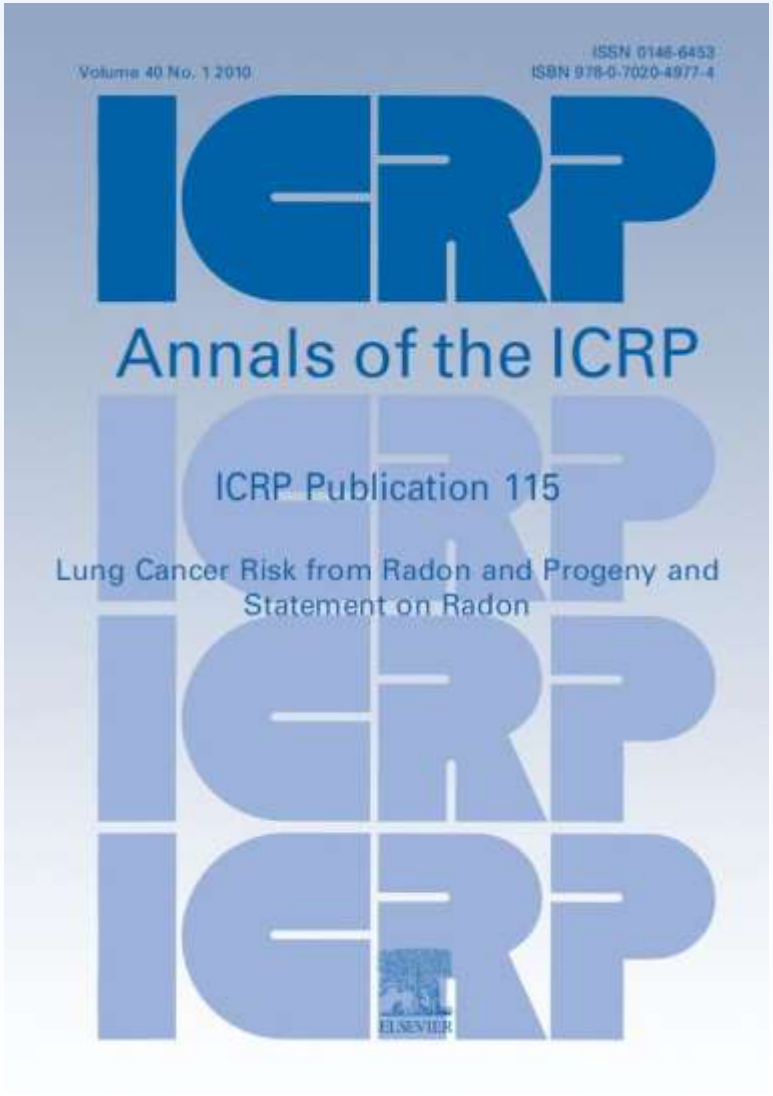
Les organisations internationales et le radon







L’approche CIPR



Les travaux de la CIPR

24 ans

Publication 65 (1993)	Protection against Radon-222 at home and at work
Publication 103 (2007)	Recommendations
Publication 115 (2010)	Lung Cancer Risk from Radon and Progeny + Statement on Radon
Publication 126 (2014)	Radiological Protection against Radon Exposure
Publication 137 (2017)	Occupational Intakes of Radionuclides, Part 3

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

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

Etudes chez les mineurs à travers le monde

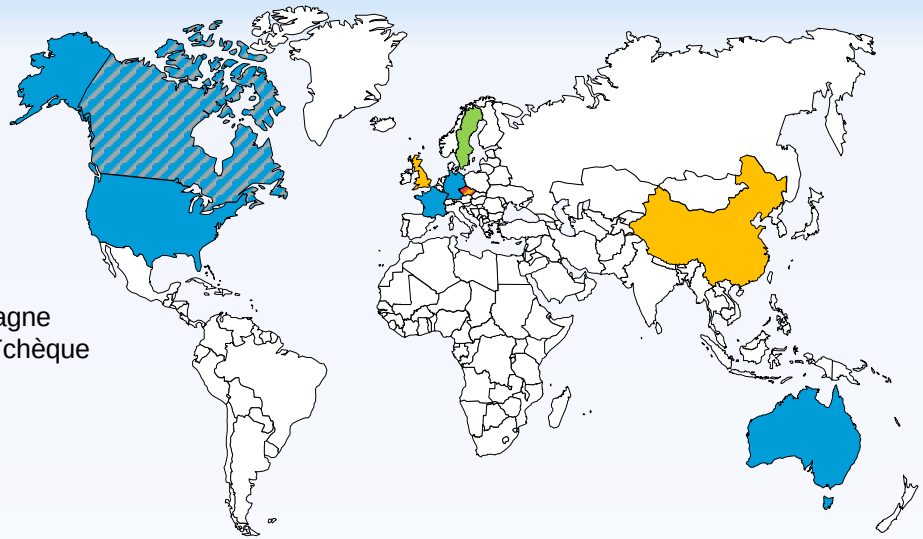
Études épidémiologiques chez les mineurs :

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



Major reports

UNSCEAR 1988

BEIR IV report (1988)
4 cohorts - 22,000 miners

ICRP Pub 65 (1993)
7 cohorts - 31,000 miners

BEIR VI report (1999)
11 cohorts - 60,000 miners

UNSCEAR 2000

UNSCEAR 2006
11 cohorts - 132,000 miners

Alpharisk European Project (2009)
3 cohorts - 50,000 miners

ICRP Pub 115 (2010)

UNSCEAR (2019)
12 cohorts – 145,000 miners

Cohorte française des mineurs d'uranium

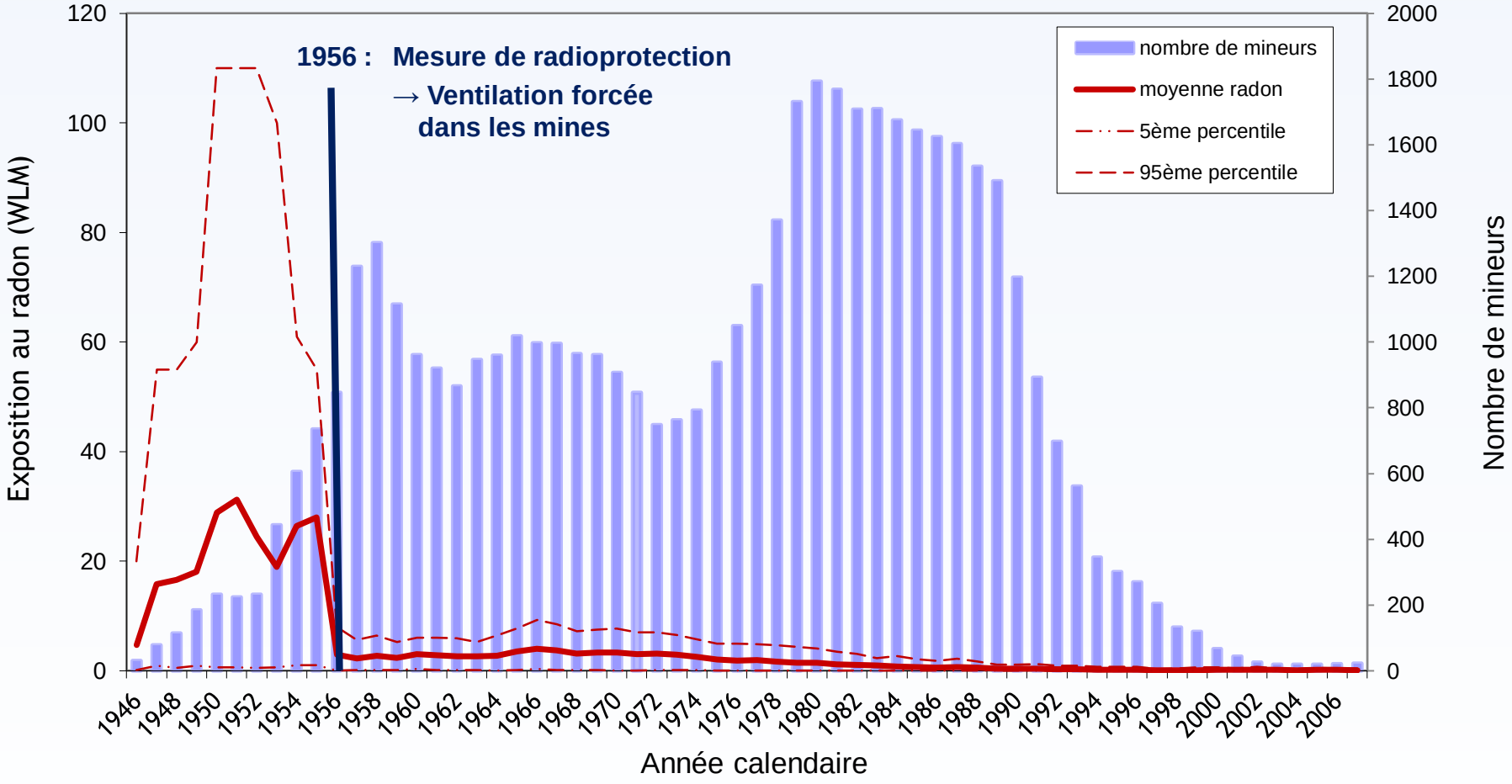
Etude épidémiologique

- Mise en place en 1982 (par IPSN et COGEMA)
- Inclusion des hommes ayant le statut mineur (5086)
- Embauchés à CEA-COGEMA entre 1946 et 1990

- Suivi reconstitué jusque fin 2007 (nouveau suivi en cours → 2015)
- Recueil du statut vital et des causes de décès (1935)
- Estimation de l'exposition annuelle individuelle au radon
  (+ autres rayonnements ionisants : gamma, poussières d'uranium)

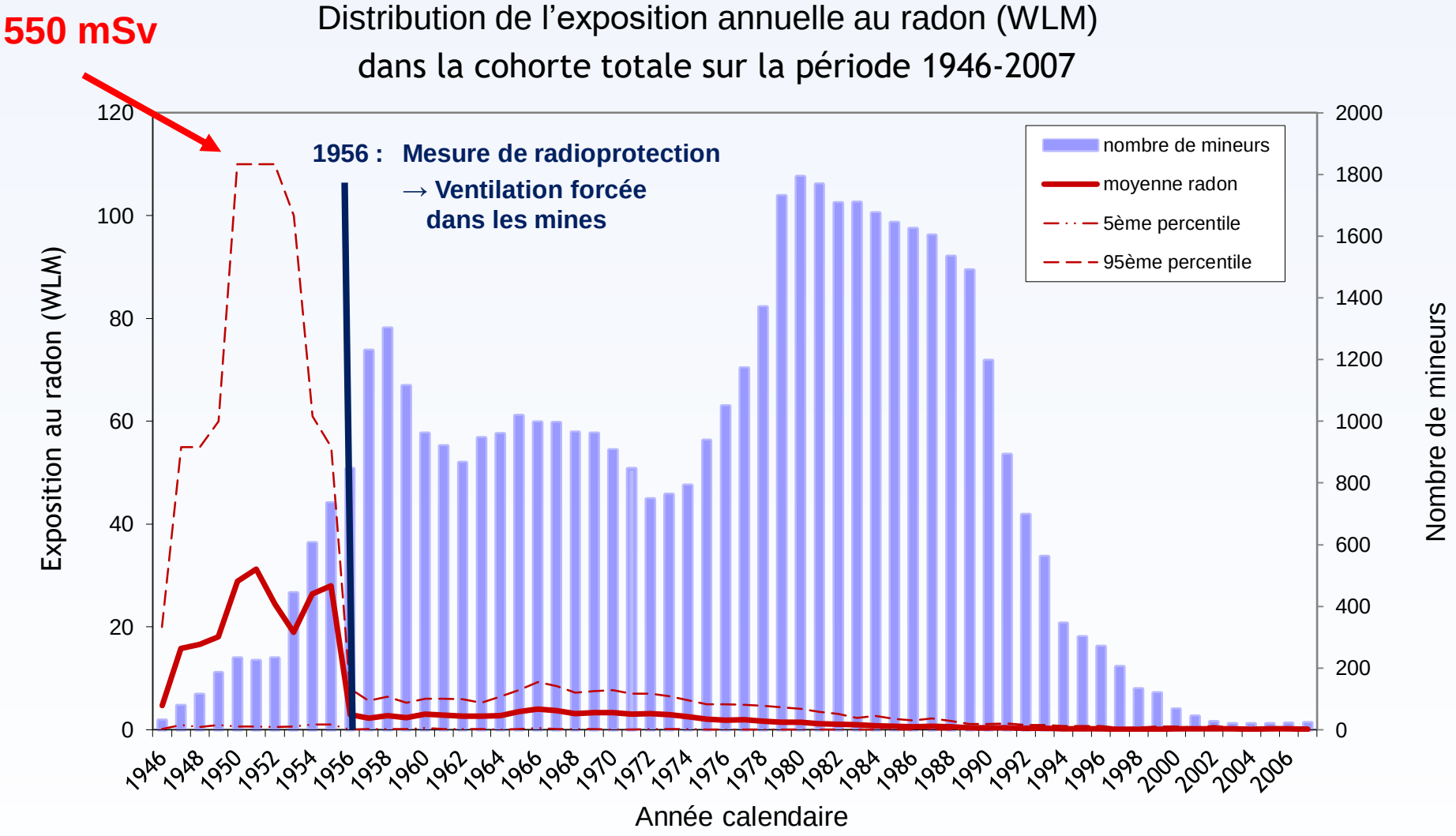
Cohorte française des mineurs d'uranium

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 mSv ⇔ 1 WLM (Travailleurs)

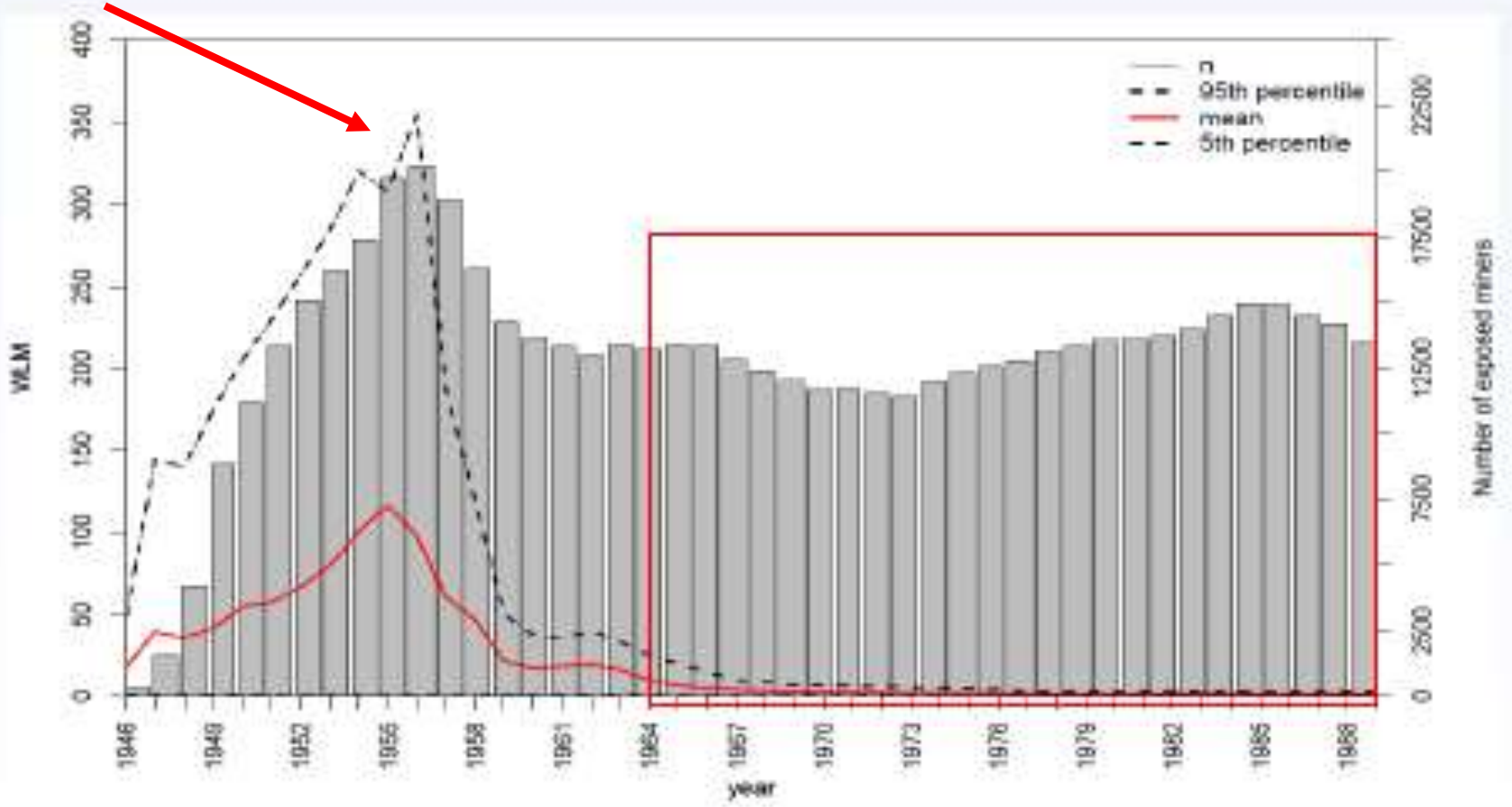
Cohorte française des mineurs d'uranium



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

Cohorte Allemande

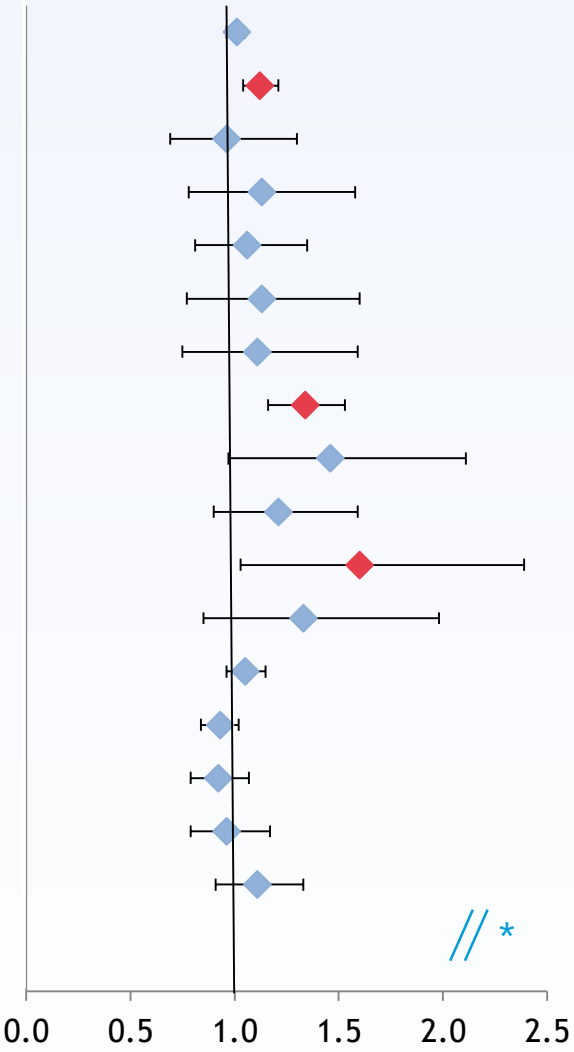
1750 mSv



From A. Guissani

Mortalité (par rapport à la population générale)

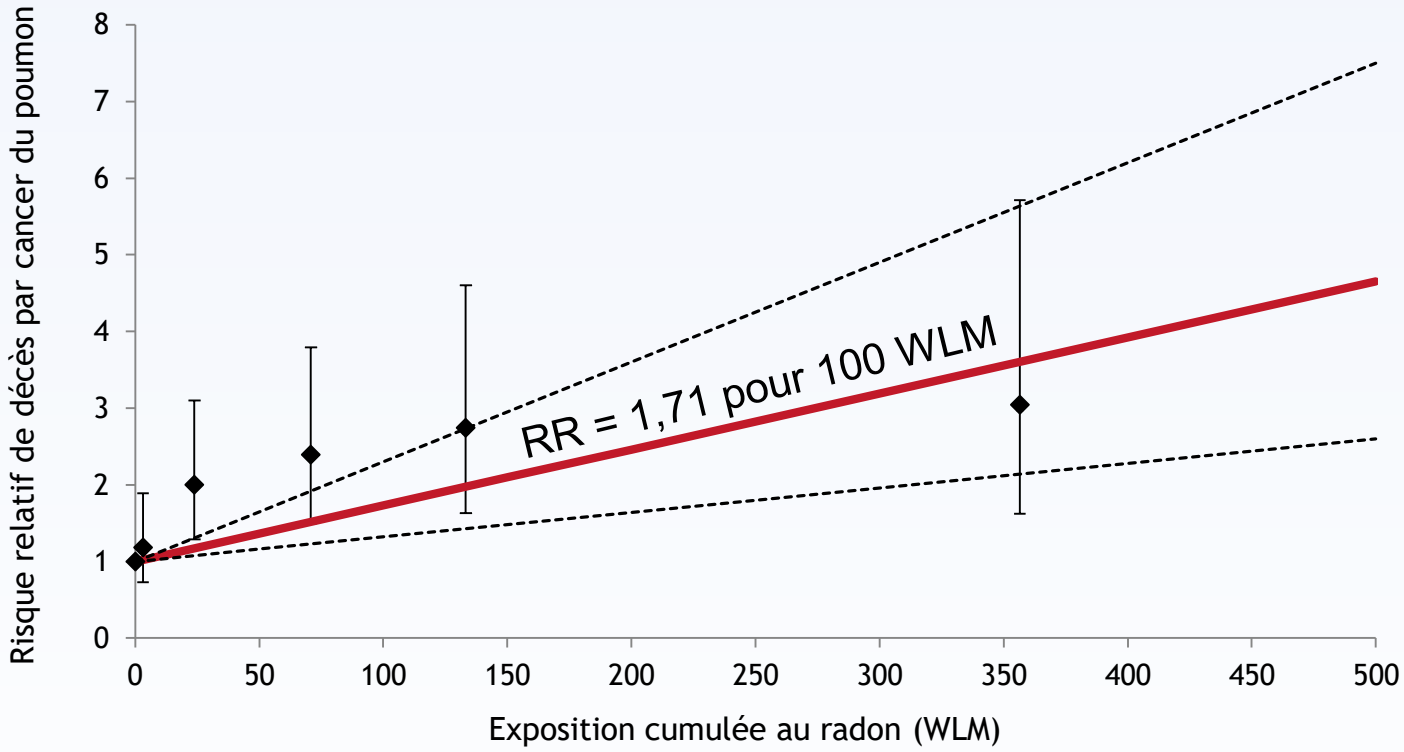
Causes de décès	n	SMR	IC 95%
Toute cause	1876	1,01	[0,96-1,05]
Tout cancer	721	1,12	[1,04-1,21]
Cavité orale et pharynx	42	0,96	[0,69-1,30]
Estomac	33	1,13	[0,78-1,58]
Intestin, colon, rectum	63	1,06	[0,81-1,35]
Foie	31	1,13	[0,77-1,60]
Larynx	30	1,11	[0,75-1,59]
Poumon	211	1,34	[1,16-1,53]
Cerveau et système nerveux central	28	1,46	[0,97-2,11]
Prostate	51	1,21	[0,90-1,59]
Rein	24	1,60	[1,03-2,39]
Leucémie	24	1,33	[0,85-1,98]
Tout site sauf poumon et rein	486	1,03	[0,94-1,13]
Maladie de l'appareil circulatoire	442	0,93	[0,84-1,02]
Maladie ischémique	167	0,92	[0,79-1,07]
Maladie cérébrovasculaire	105	0,96	[0,79-1,17]
Maladie de l'appareil respiratoire	110	1,11	[0,91-1,33]
Silicose	30	6,12	[4,13-8,74]



Augmentation significative de la mortalité par cancer du poumon

Cohorte française des mineurs d'uranium

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**

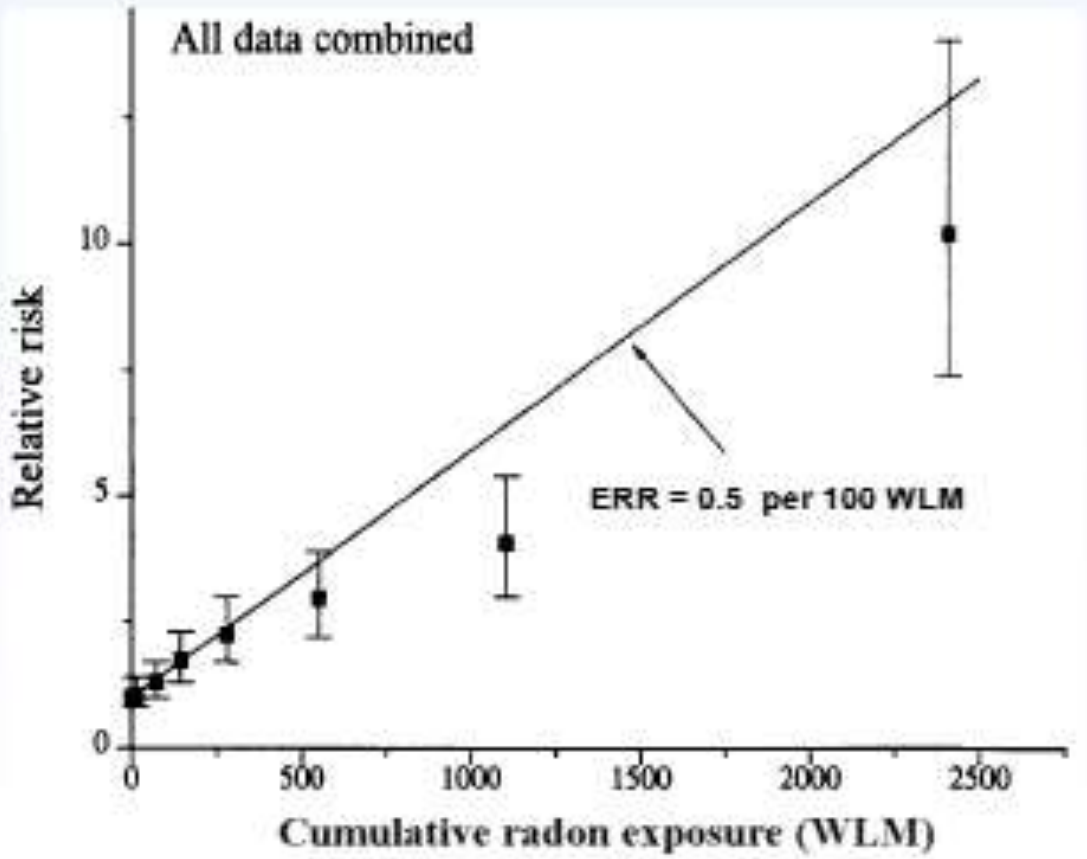
WLM, working level month; ERR, excess relative risk; SE, multiplicative standard error.
[a] Among exposed.

(BEIR VI, 1999)

Etude conjointe internationale de 11 cohortes de mineurs

Pooled analysis of 11 cohorts

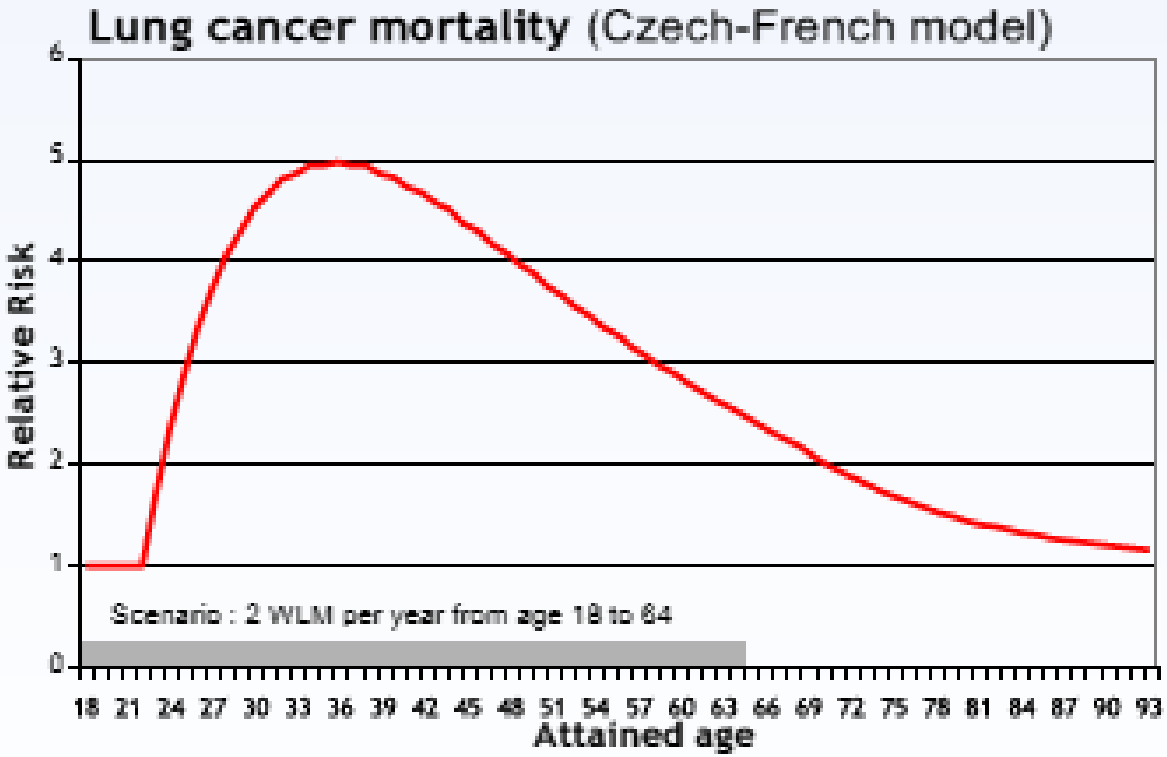
[from Lubin et al, NIH 1994]



Working Level Months (WLM): unit of radon exposure. any combination of radon progeny in 1l of air which results in the emission of 130,000 MeV of energy from alpha particles x a monthly working time of 170 hours]

ICRP INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Facteurs modifiants la relation risque/exposition



[Tomasek et al., Rad Res 2008]

Decrease of relative risk with time since exposure and age at exposure/ attained age

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

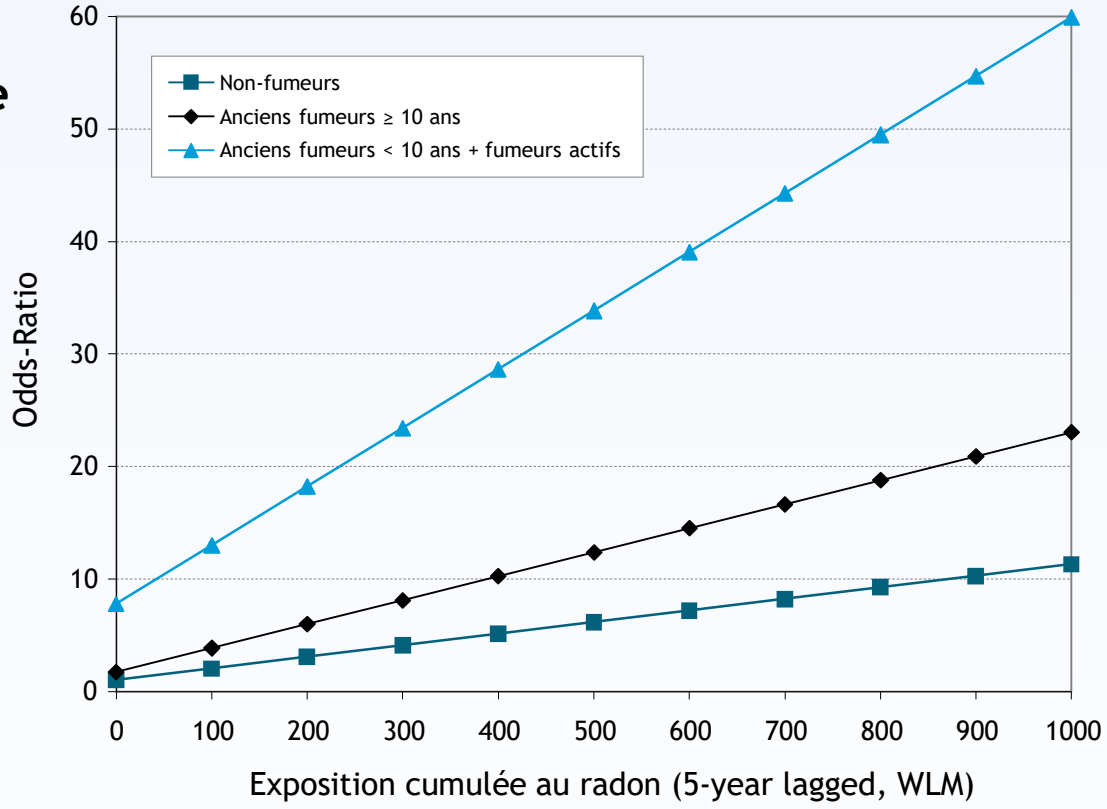
Statut tabagique
Etude conjointe européenne

Étude cas-témoins nichée

- France
- Allemagne
- République Tchèque

1 236 cas (cancers du poumon)

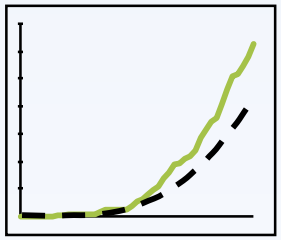
2 678 témoins



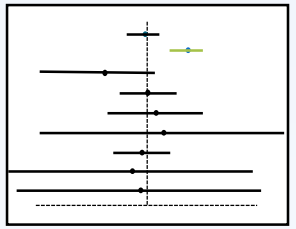
Persistance de la relation avec le radon après prise en compte du tabac
Augmentation du risque dans chaque catégorie de tabagisme
Interaction sub-multiplicative

(Leuraud et al. Radiat Res 2011)

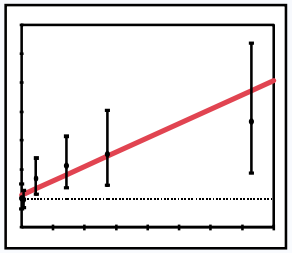
Etudes chez les mineurs : principaux résultats



Excès de mortalité par cancer du poumon



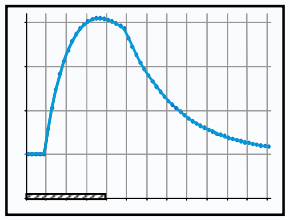
Doutes sur l'existence de risques hors cancer du poumon (leucémie, rein, estomac, cardiovasculaire…)



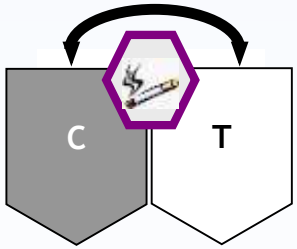
Relation radon - risque de cancer du poumon

Persistance chez les mineurs faiblement exposés

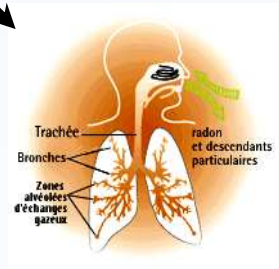
Persistance après prise en compte des erreurs de mesure



Diminution du risque avec le délai depuis l'exposition



Persistance du risque après ajustement sur le tabac



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

I. Etudes chez les mineurs

II. Etudes en population générale

Etudes cas-témoins

3 études conjointes

Groupe		Etudes *n*	Cas *n*	Témoins *n*	
Européen	*Darby 2005*	13	7 148	14 208	
Nord Américain	*Krewski 2006*	7	3 662	4 966	
Chinois	*Lubin 2004*	2	1 050	1 995	

Etude cas-témoins européenne

(Darby et al. BMJ 2005)

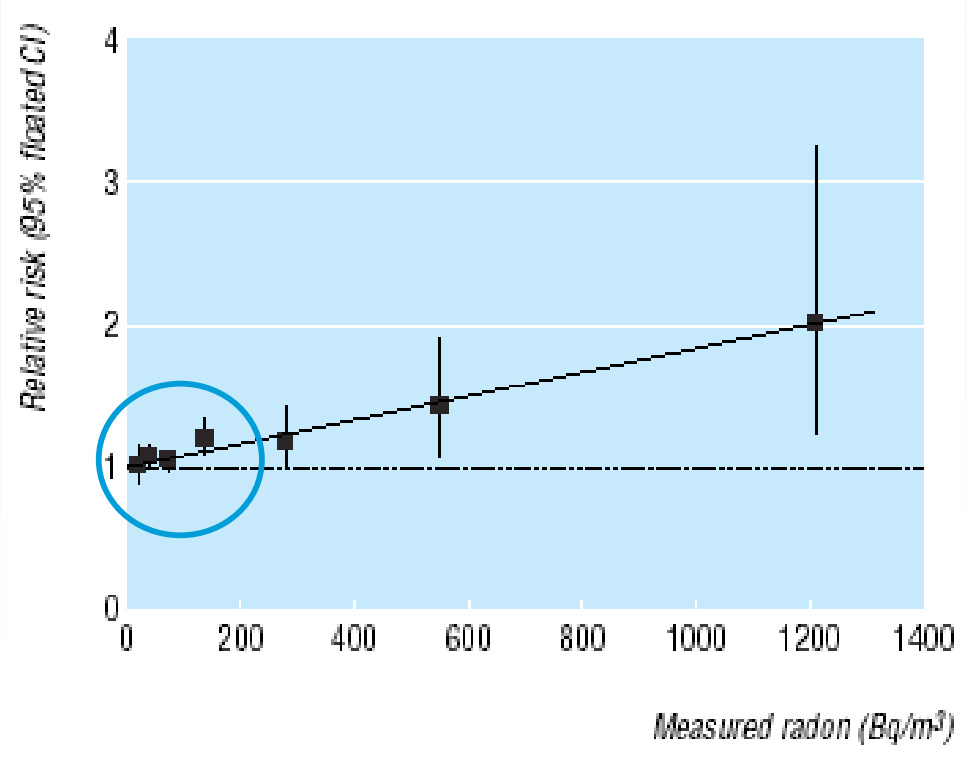
- Concentration moyenne dans l'habitat

  Cas = 104 Bq.m^{-3}
  Témoins = 97 Bq.m^{-3}

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

RR = 1,16 par 100 Bq.m^{-3} [1,05 - 1,31]

Avec prise en compte des incertitudes liées aux estimations des concentrations de radon

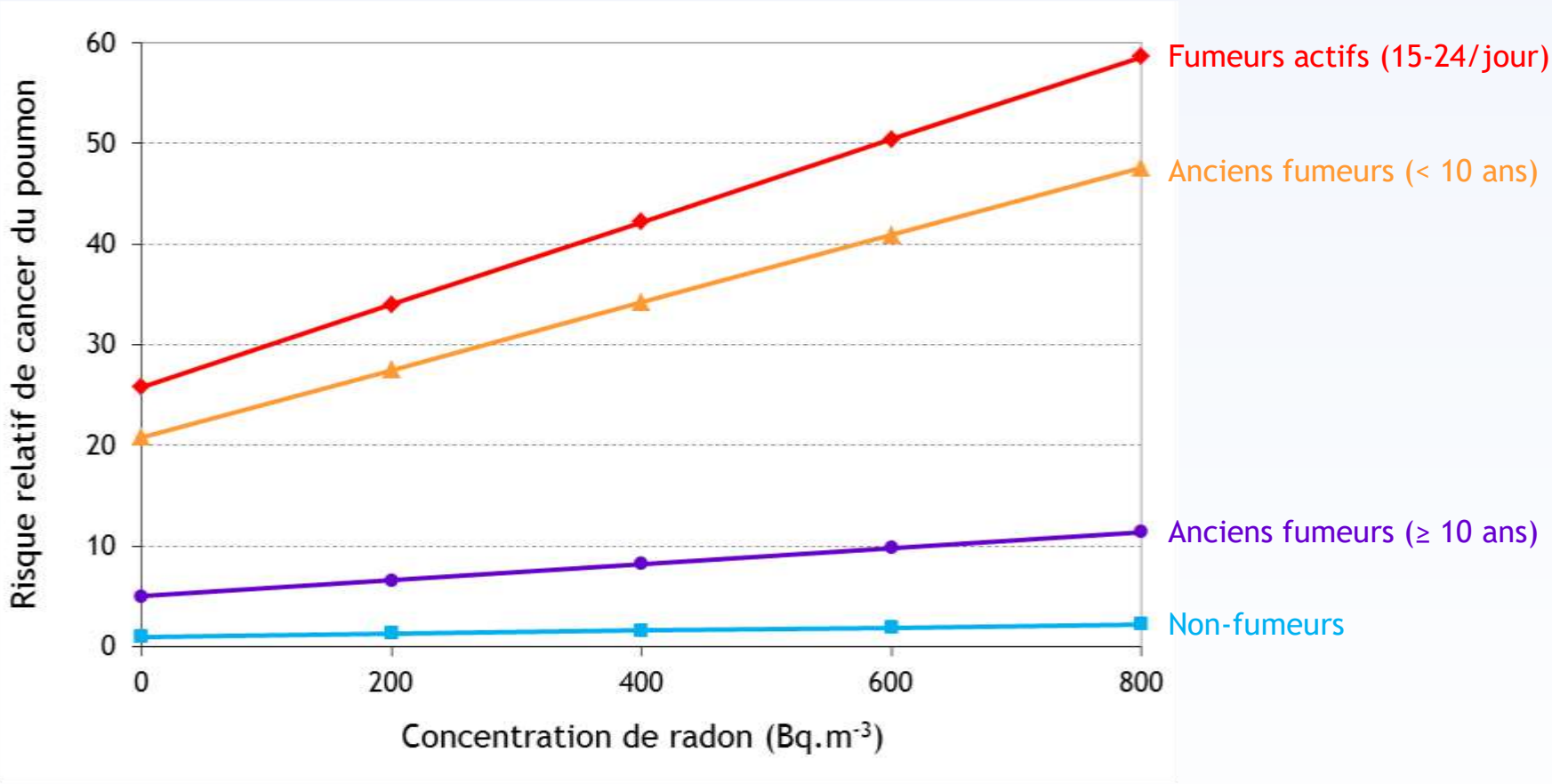


- Relation significative pour les expositions < 200 Bq.m^{-3}

Etude cas-témoins européenne

(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

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

Santé publique France

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

Ajrouche 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)

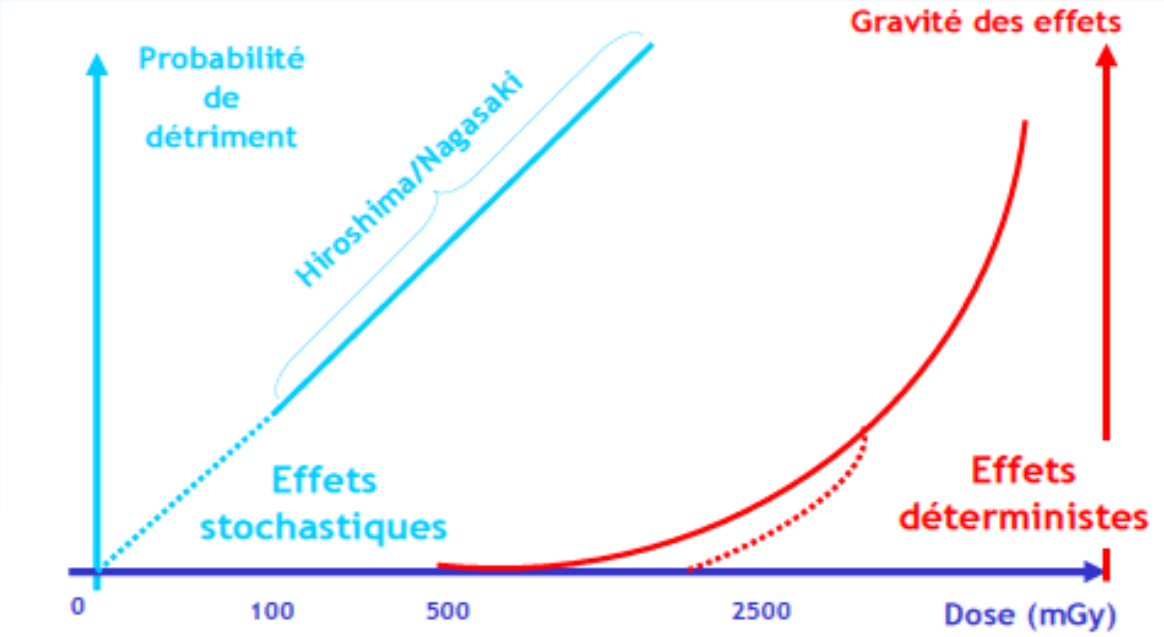
Bilan des connaissances sur les risques associés au radon

- **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 ≈ 16 % pour ↗ 100 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**

La dosimétrie du Radon

Les expositions radiologiques à faible dose sont gérées au travers d'un indicateur : la dose efficace, exprimée en Sv

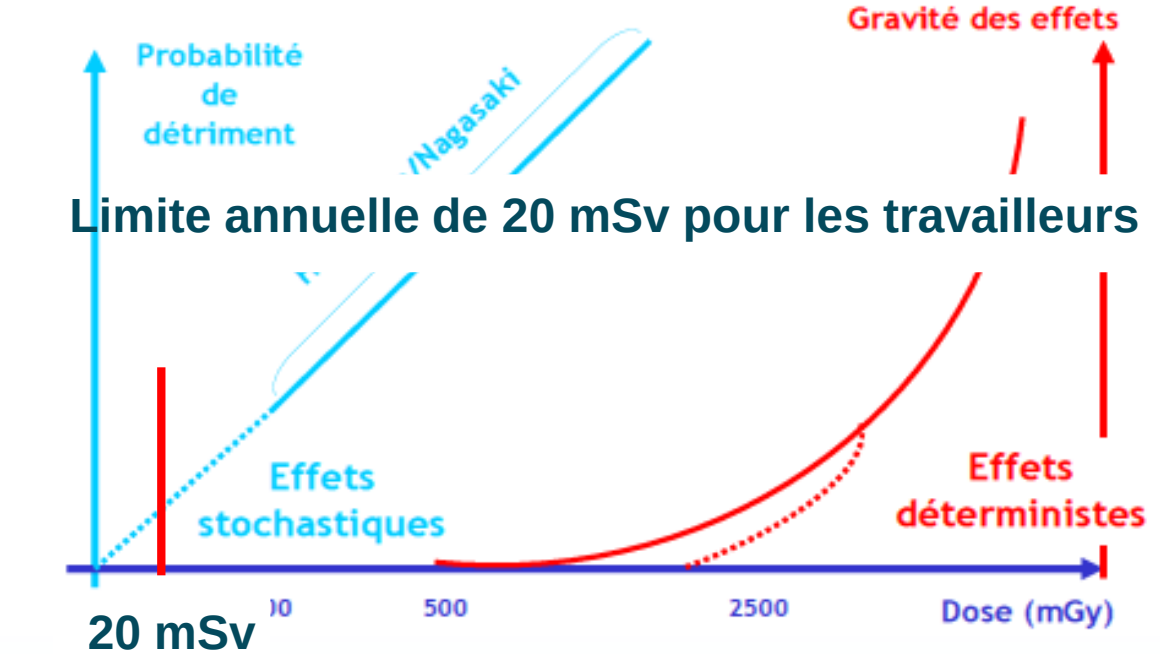
Le dose efficace renvoie à une probabilité d'apparition de détriment radiologique



La dosimétrie du Radon

Les expositions radiologiques à faible dose sont gérées au travers d'un indicateur : la dose efficace, exprimée en Sv

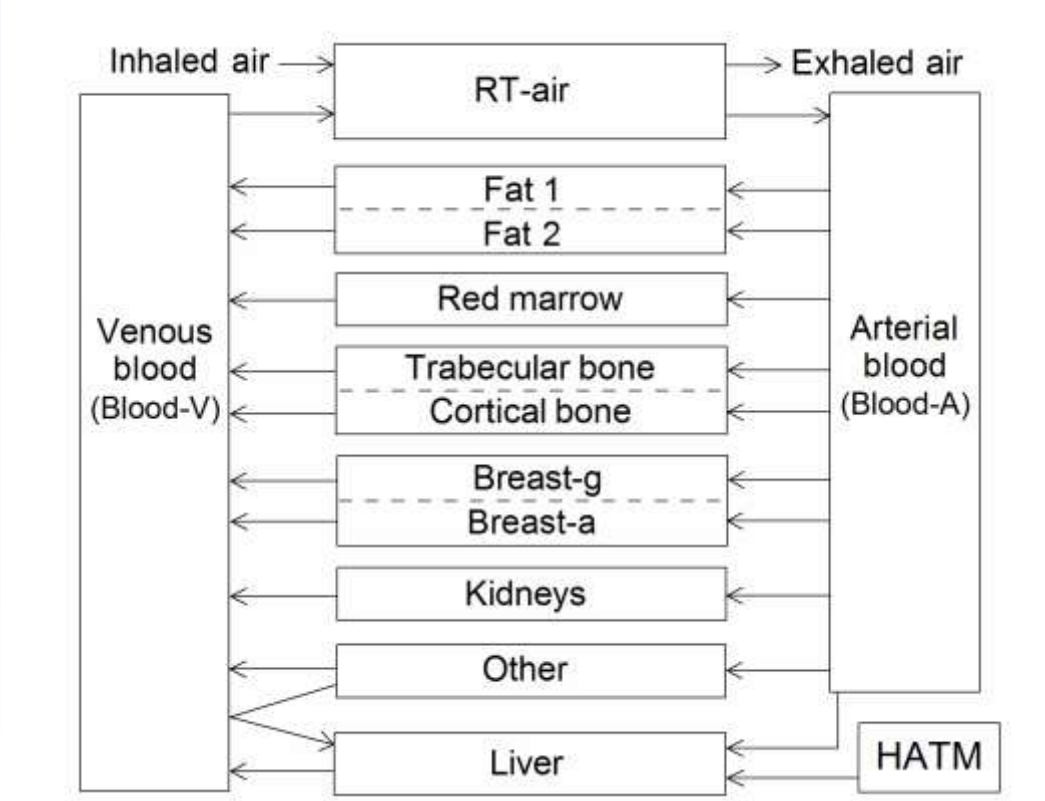
Le dose efficace renvoie à une probabilité d'apparition de détriment radiologique



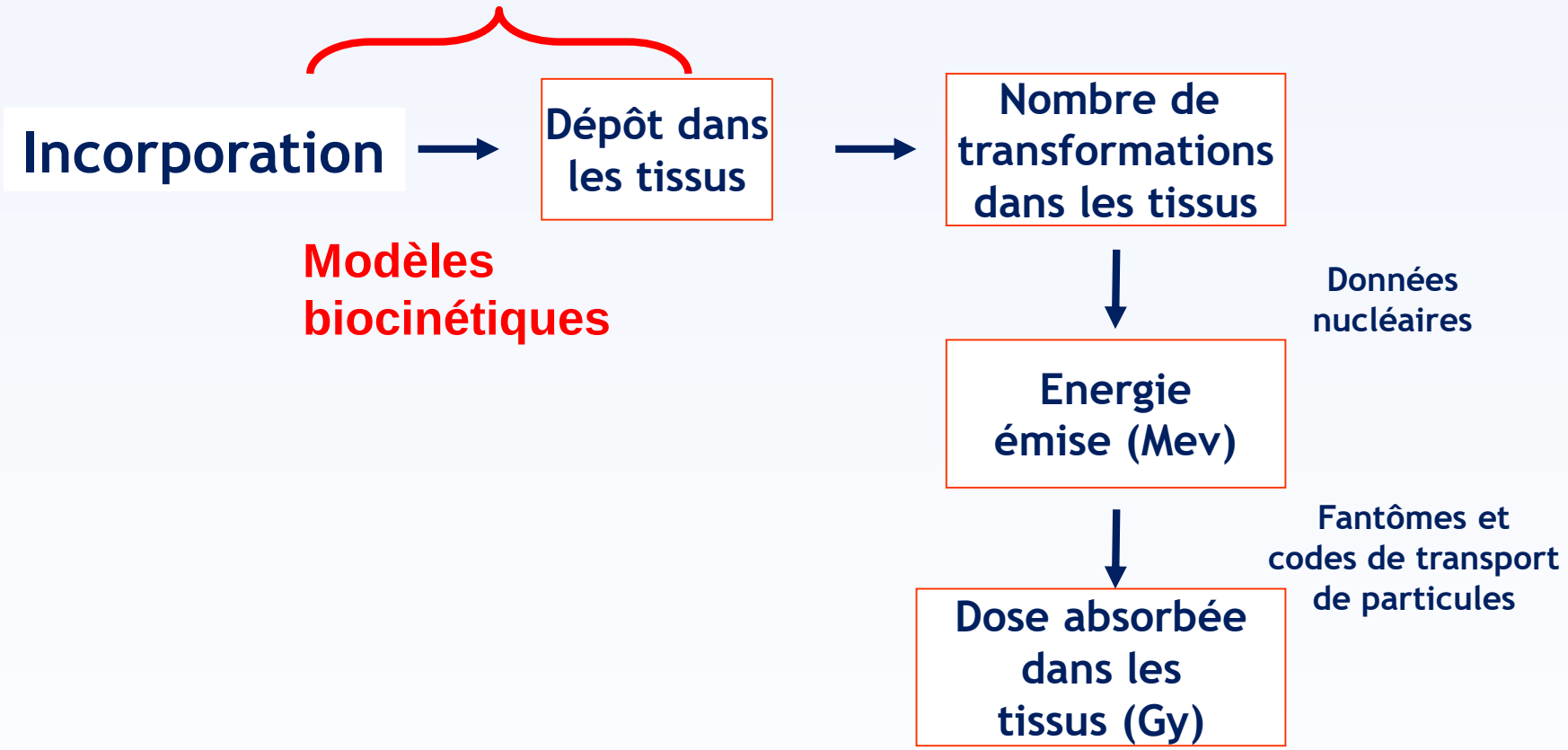
Calcul de la dose efficace

Incorporation → **Dépôt dans les tissus**

Modèles biocinétiques



Calcul de la dose efficace



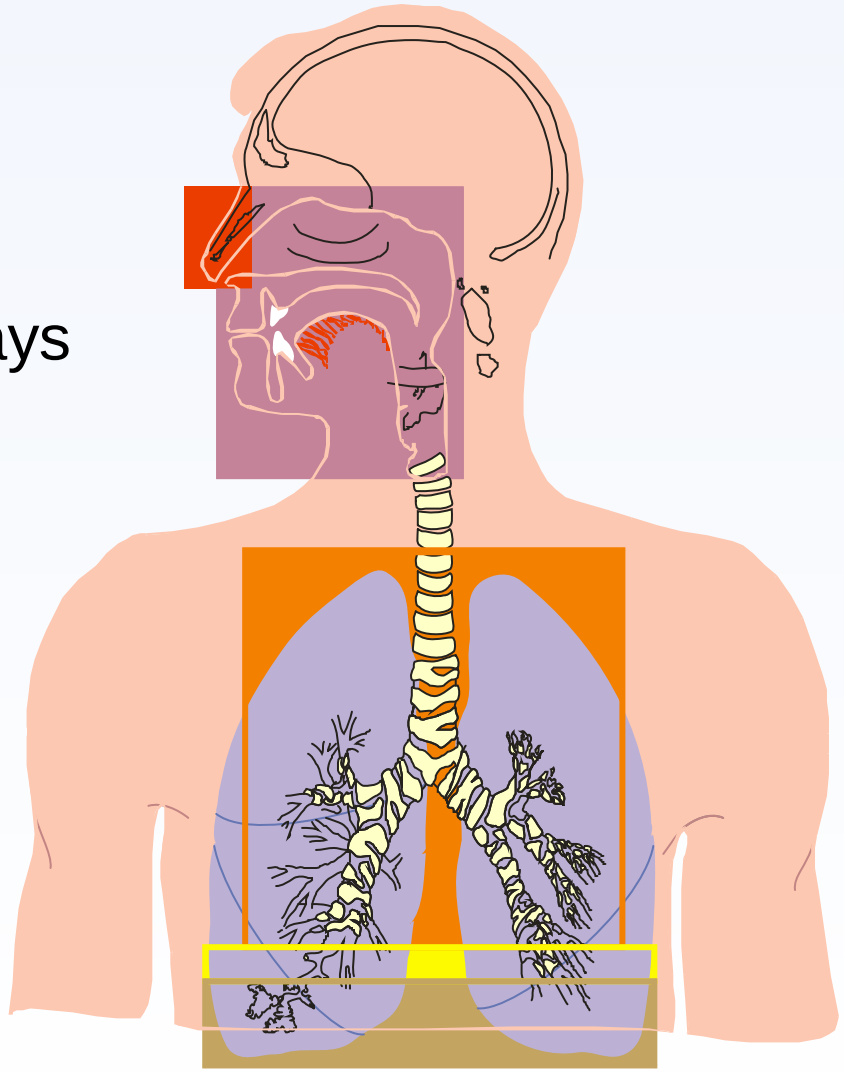
Human Respiratory Tract Model

Extrathoracic airways

Bronchial

Bronchiolar

Alveolar interstitial



ET_1

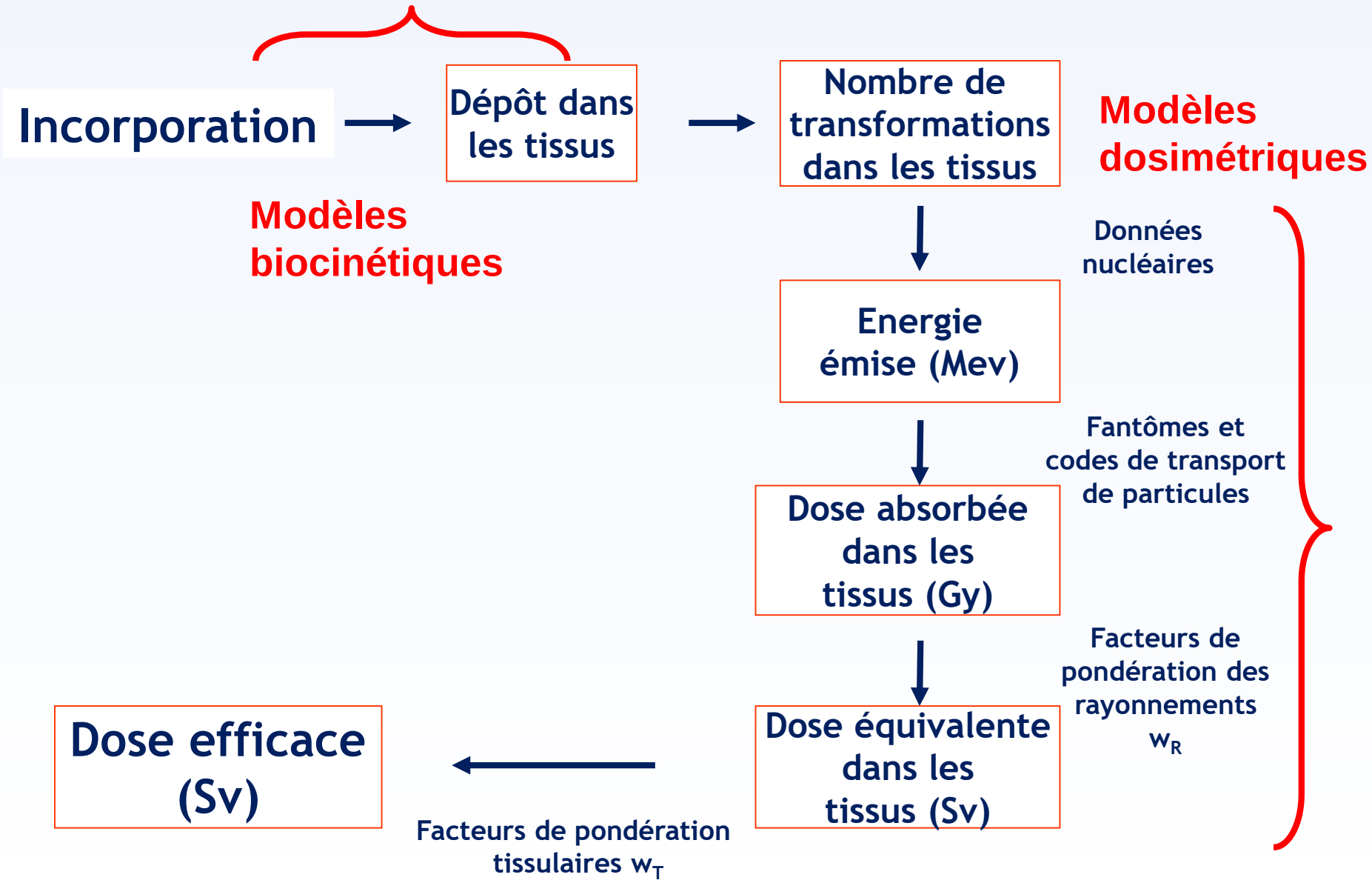
ET_2

BB

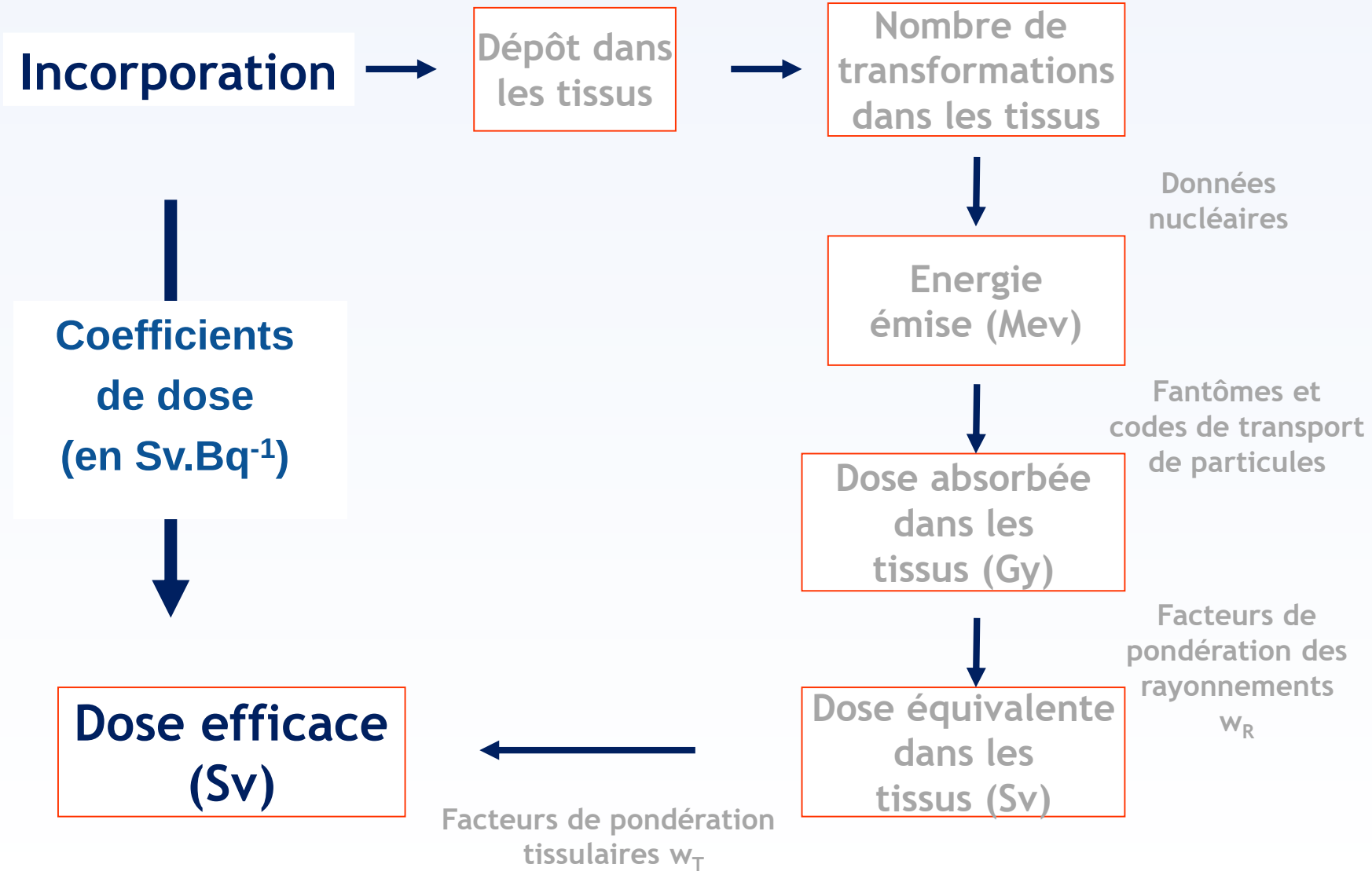
bb

Al

Calcul de la dose efficace



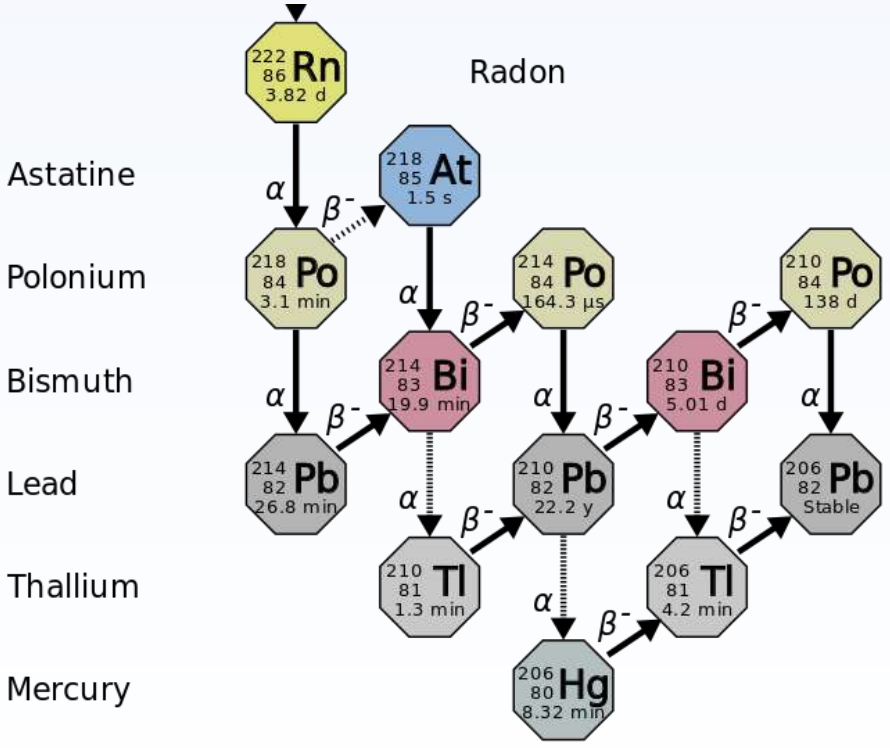
Calcul de la dose efficace



Les particularités du radon

1. Le radon est un gaz chimiquement inerte

Ses descendants interagissent avec les tissus biologiques



Les particularités du radon

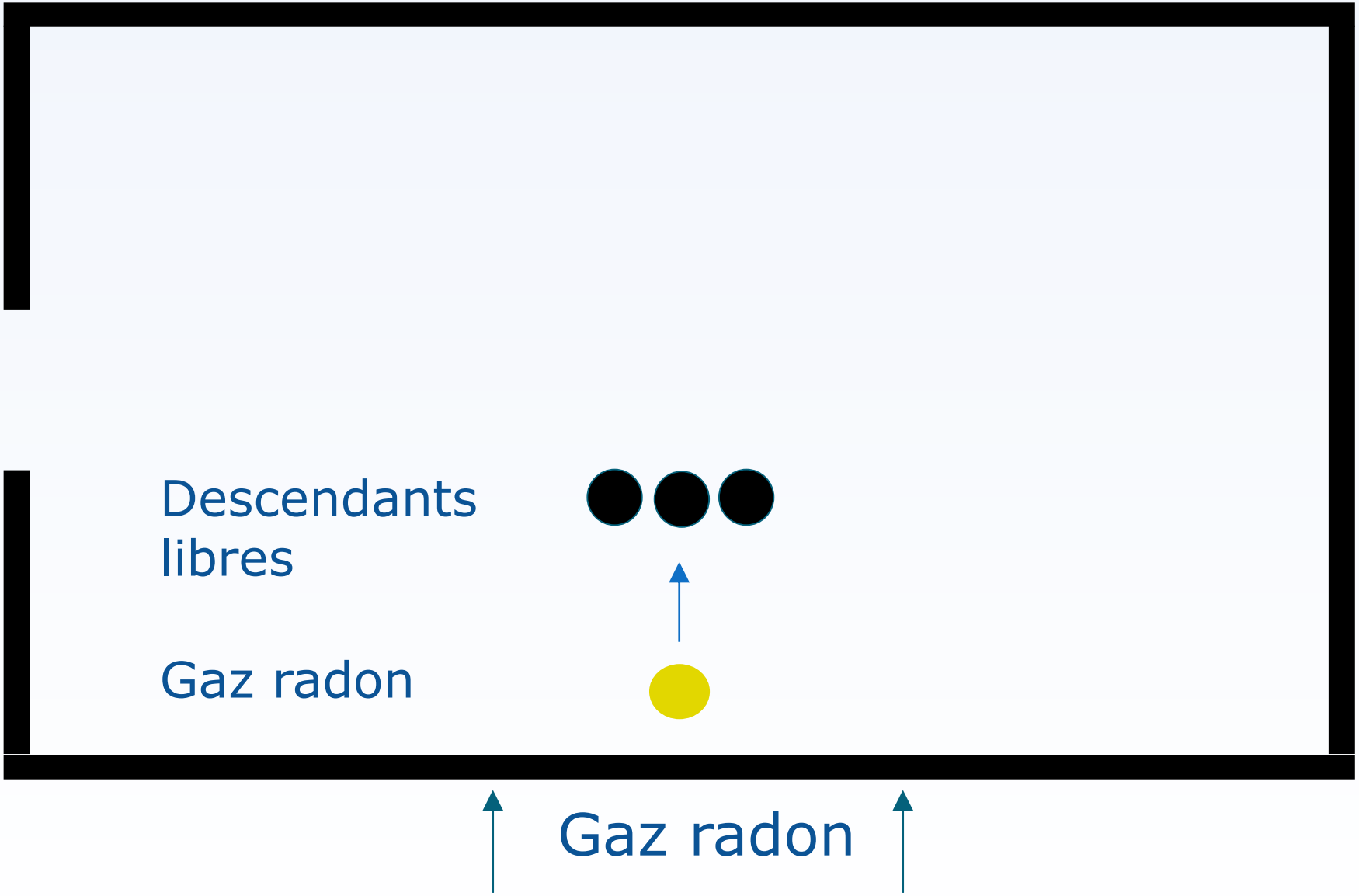
2. L’inhalation de radon s’accompagne de l’inhalation des descendants

Evaluer la dose due au radon implique de connaitre la concentration de ses descendants dans l’air inhalé

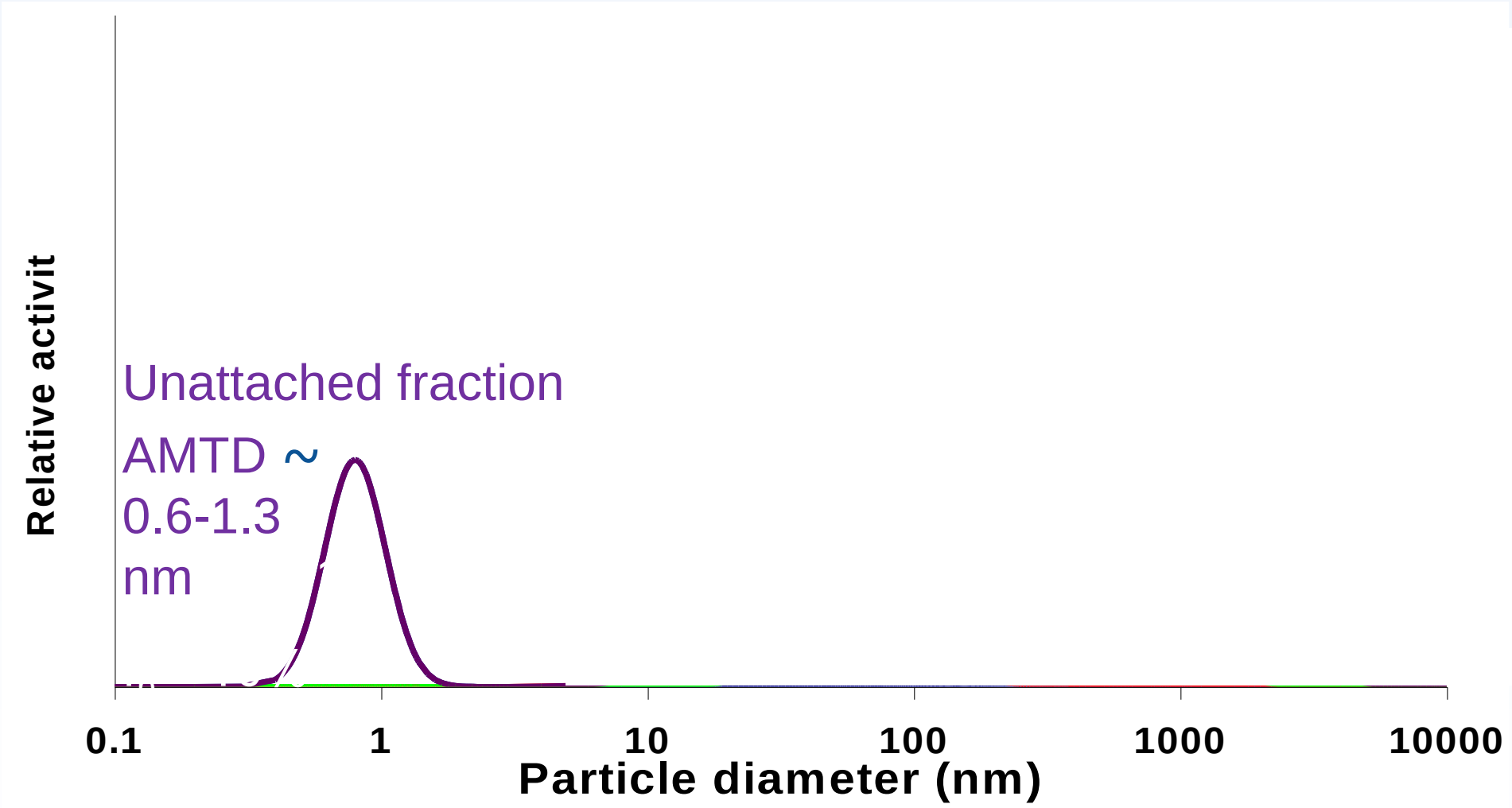
Les particularités du radon

3. Les concentrations respectives du radon et de ses descendants sont très variables.

Devenir des descendants du radon

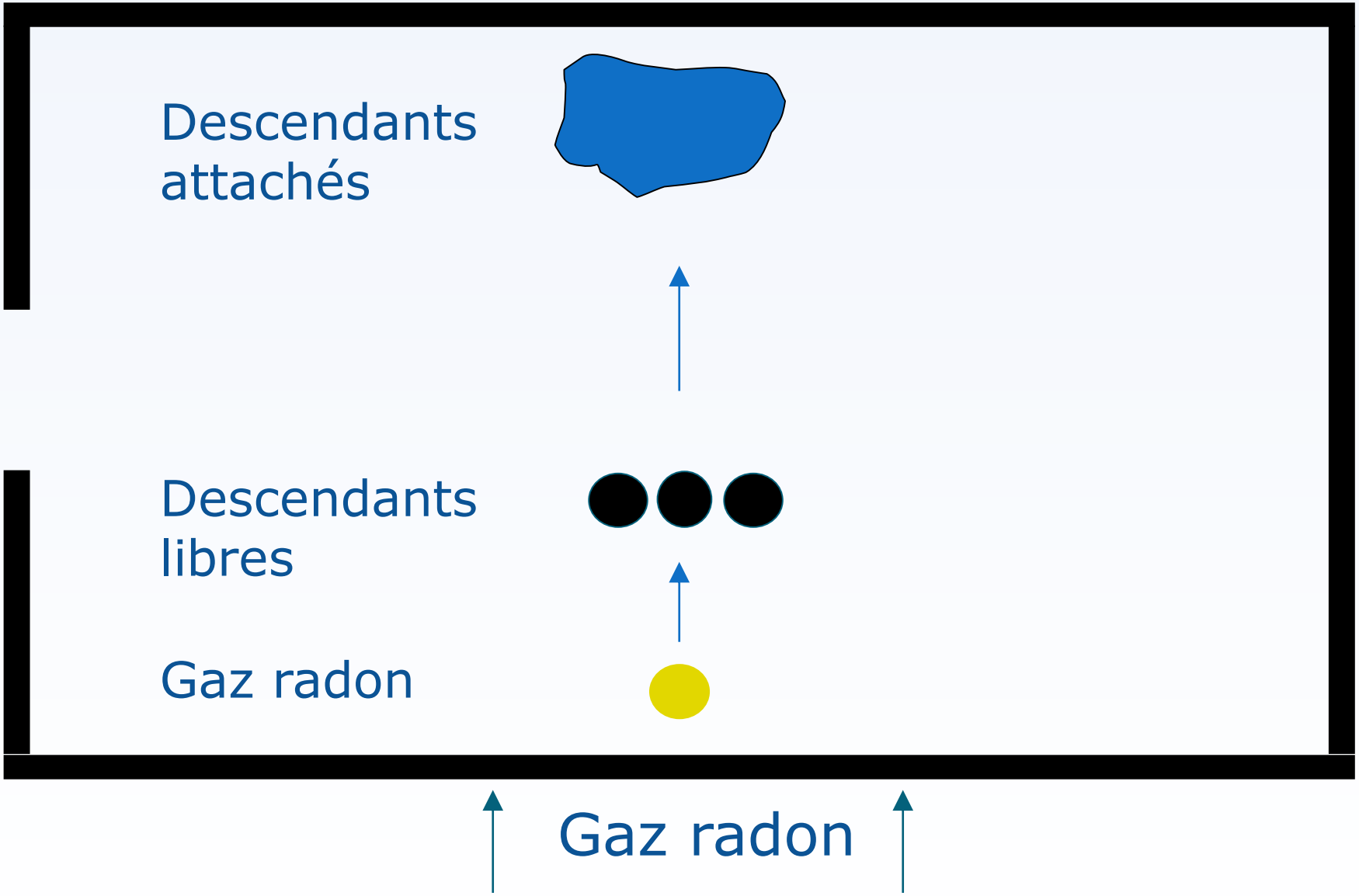


Distribution en taille des aerosols des descendants du radon

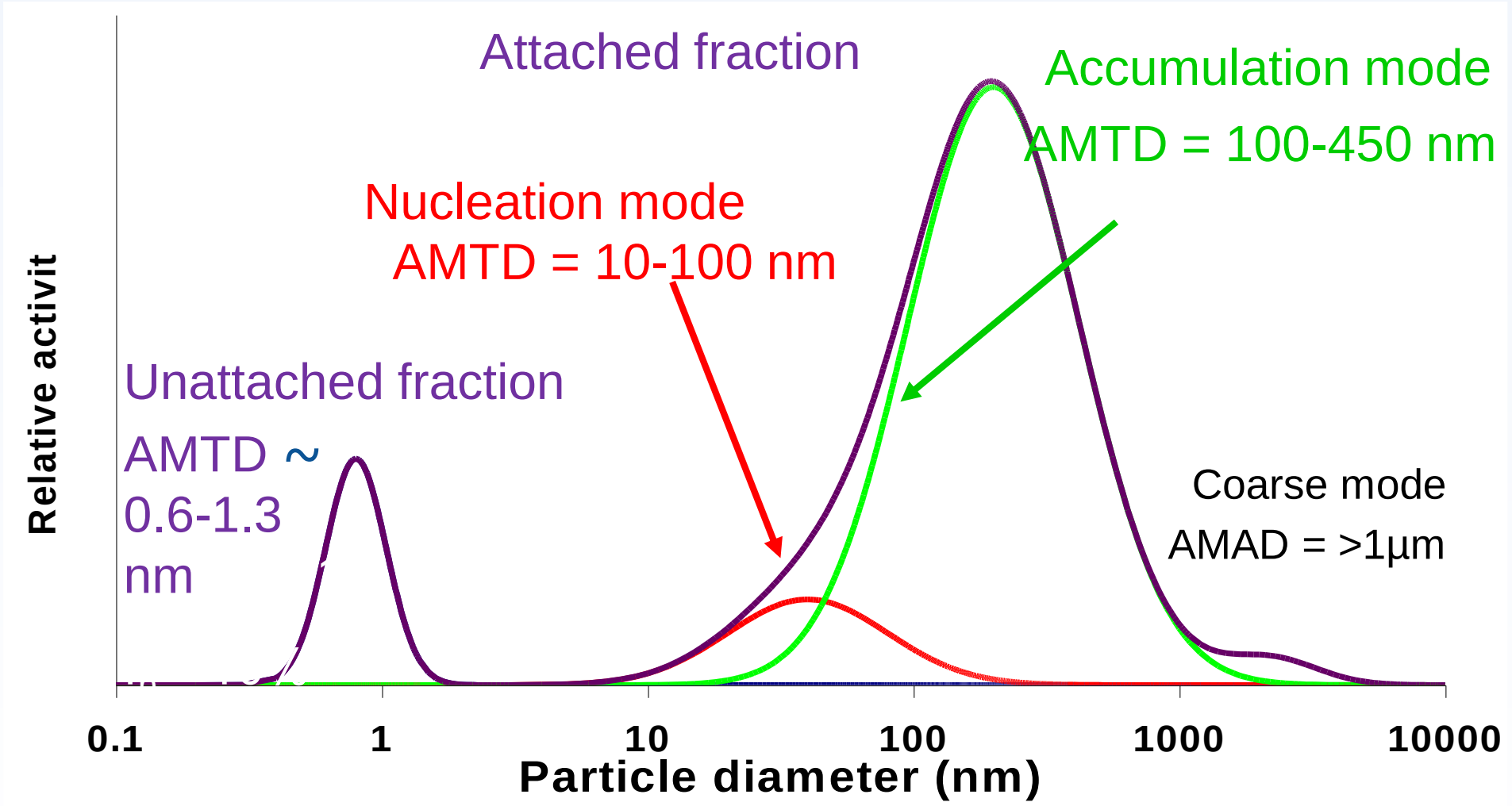


Porstendörfer 2001, Marsh *et al* 2002

Devenir des descendants du radon

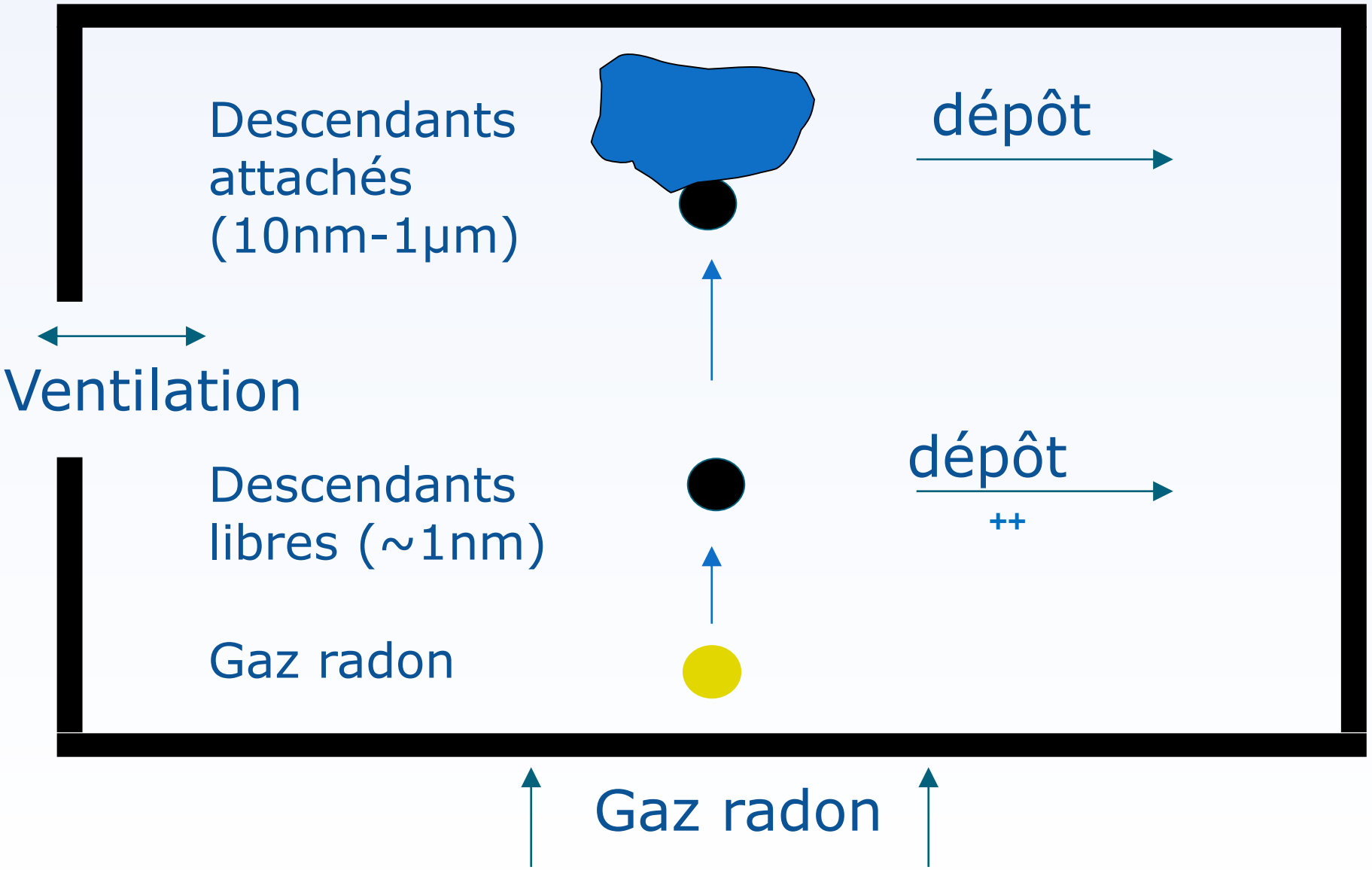


Distribution en taille des aerosols des descendants du radon



Porstendörfer 2001, Marsh *et al* 2002

Devenir des descendants du radon



Les particularités du radon

3. Les concentrations respectives de radon et de ses descendants sont très variables.

Exprimées par le facteur d’équilibre F

Facteur d'équilibre, F

F est la mesure du degré de déséquilibre entre le gaz radon et ses descendants

F=1

Nuclide	Bq m^{-3}
^{222}Rn gas	1.0
^{218}Po	1.0
^{214}Pb	1.0
^{214}Bi	1.0

F=0.3

Nuclide	Bq m^{-3}
^{222}Rn gas	1.0
^{218}Po	0.6
^{214}Pb	0.3
^{214}Bi	0.2

La valeur de F depend du taux de ventilation :

Air intérieur :	F ≈ 0.4	ventilation naturelle
Mines :	F ≈ 0.2	Ventilation forcée

Les particularités du radon (suite)

4. La concentration et l'exposition au radon sont exprimées selon différentes façons :

- **Gaz radon seul, exprimé en Bq m^{-3}**
- **Niveau des descendants, exprimé en concentration d'énergie alpha potentielle (somme d'energie alpha de tous les descendants; PAEC). En J m^{-3} ou en WL**

Exposition au Rn et ses descendants intégrée sur le temps est exprimée en Bq h m^{-3} et J h m^{-3} ou WLM

1 WLM est l'exposition à 1 WL pendant 1 mois (170 h)

$$1 \text{ Bq h m}^{-3} = F \times 1.57 \times 10^{-6} \text{ WLM}$$

Les coefficients de dose du Rn sont donnés :

- pour le gaz radon et pour l'ensemble radon + descendants
- pour des "conditions environnementales types" (avec des F et des modes de formation "de référence") (ex. mine, bureau, spas, grottes, maison,..)

Les coefficients de dose vont dépendre de très nombreux paramètres

Facteurs influant les calculs dosimétriques

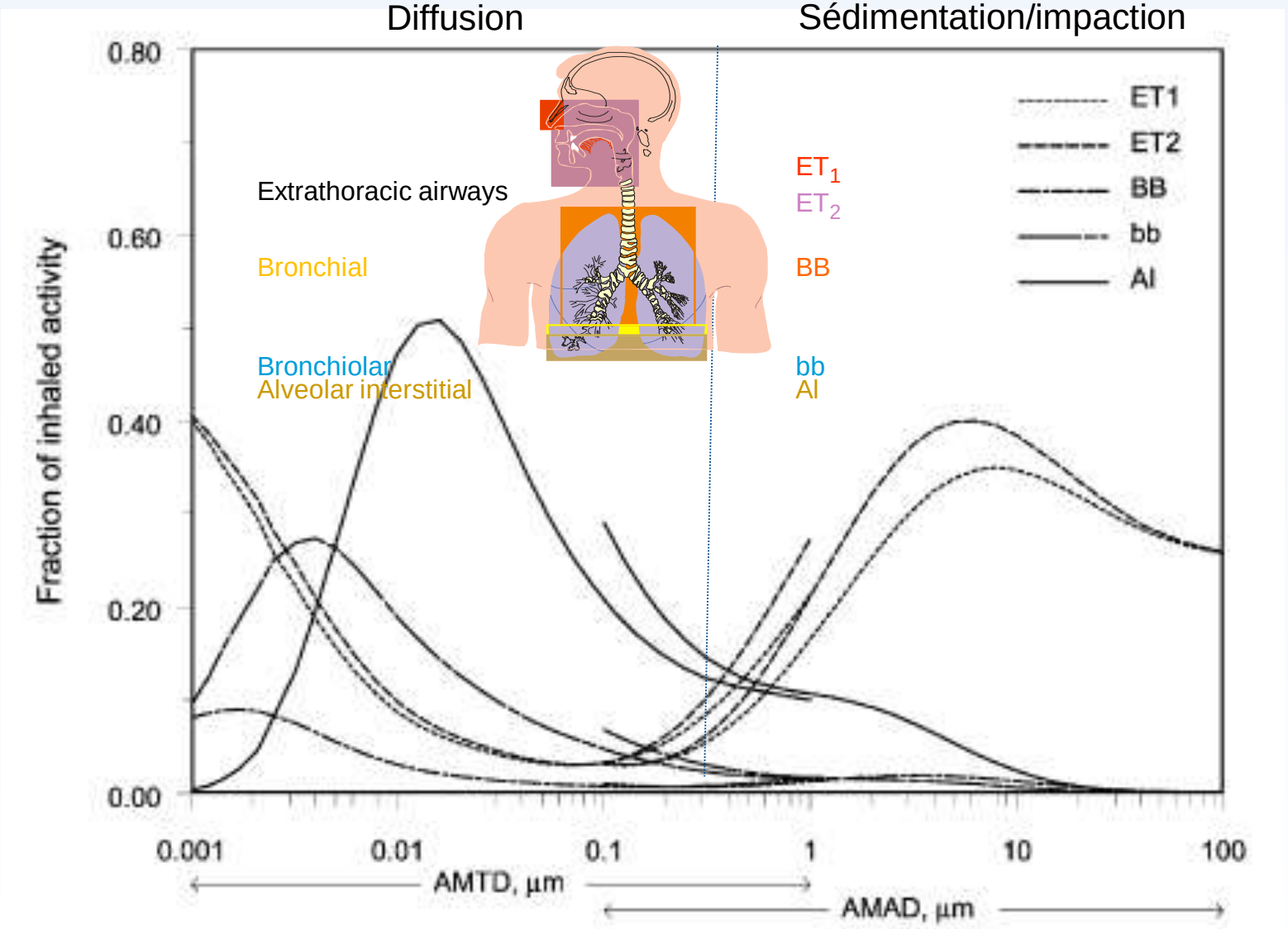
- Le taux de respiration

  1.2 m^3 h^{-1} pour les travailleurs

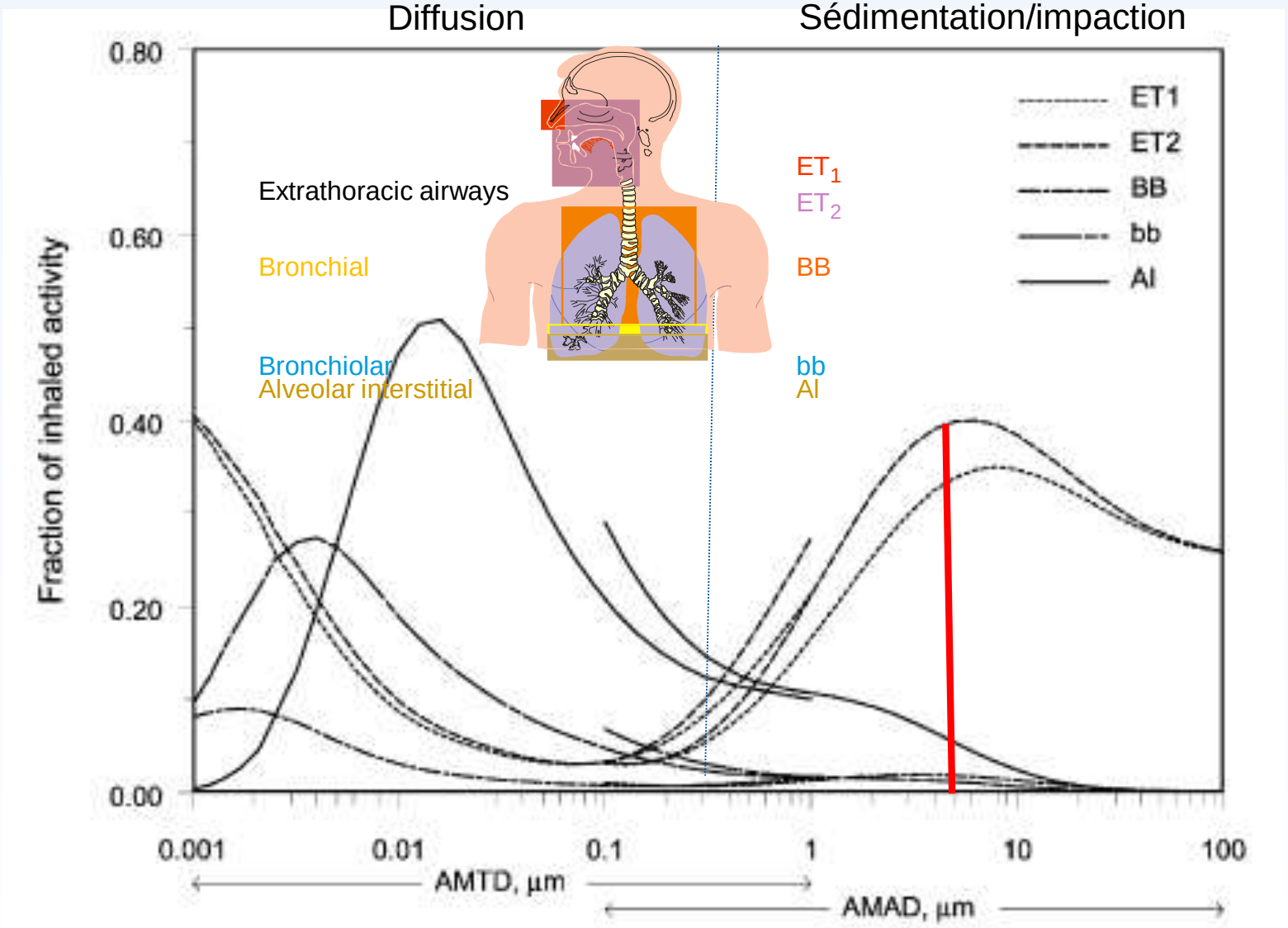
Facteurs influant les calculs dosimétriques

- Le taux de respiration
- Les caractéristiques des aérosols
  - fraction libre
  - distribution en taille

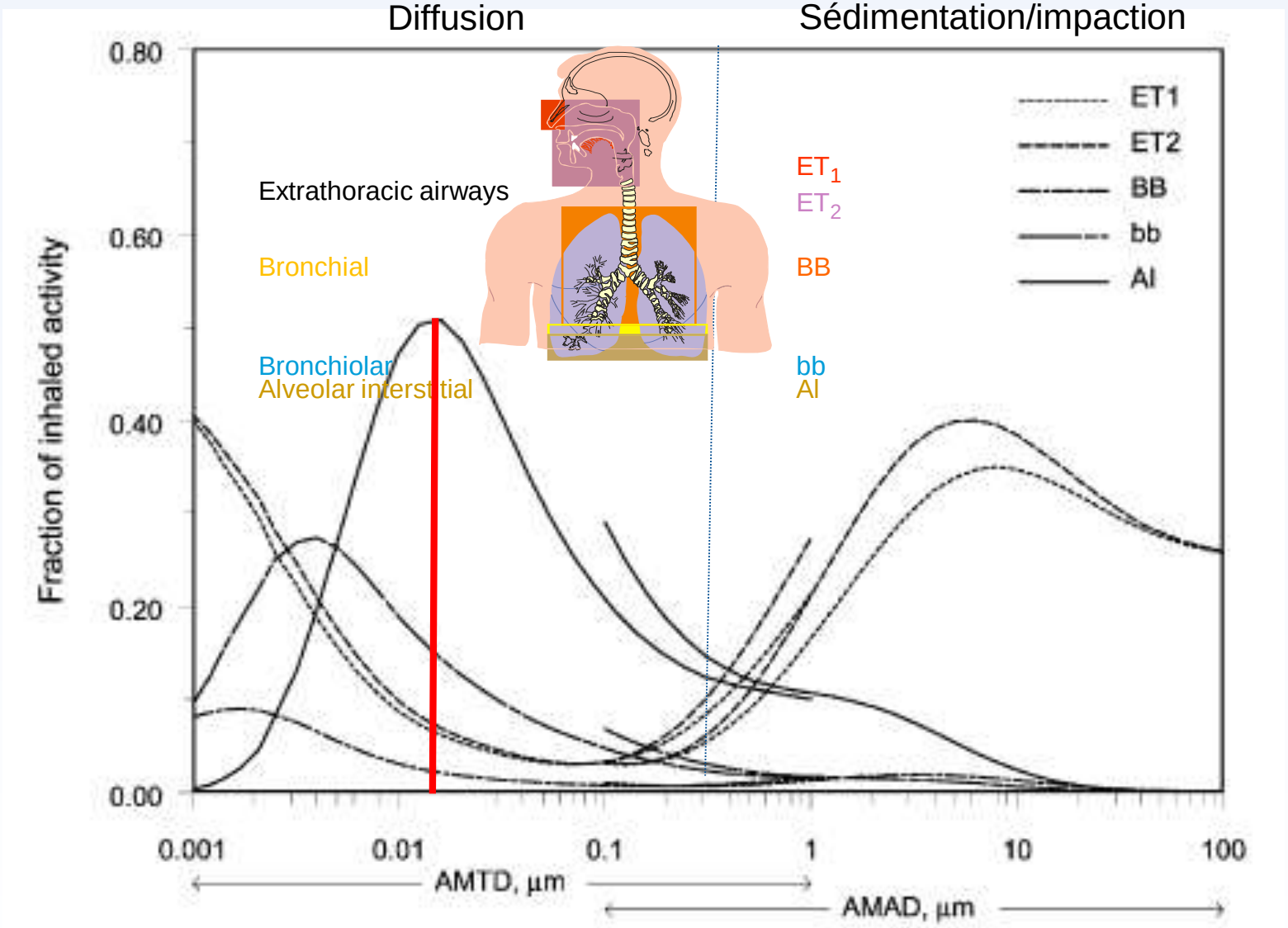
Distribution des aerosols en fonction de leur taille



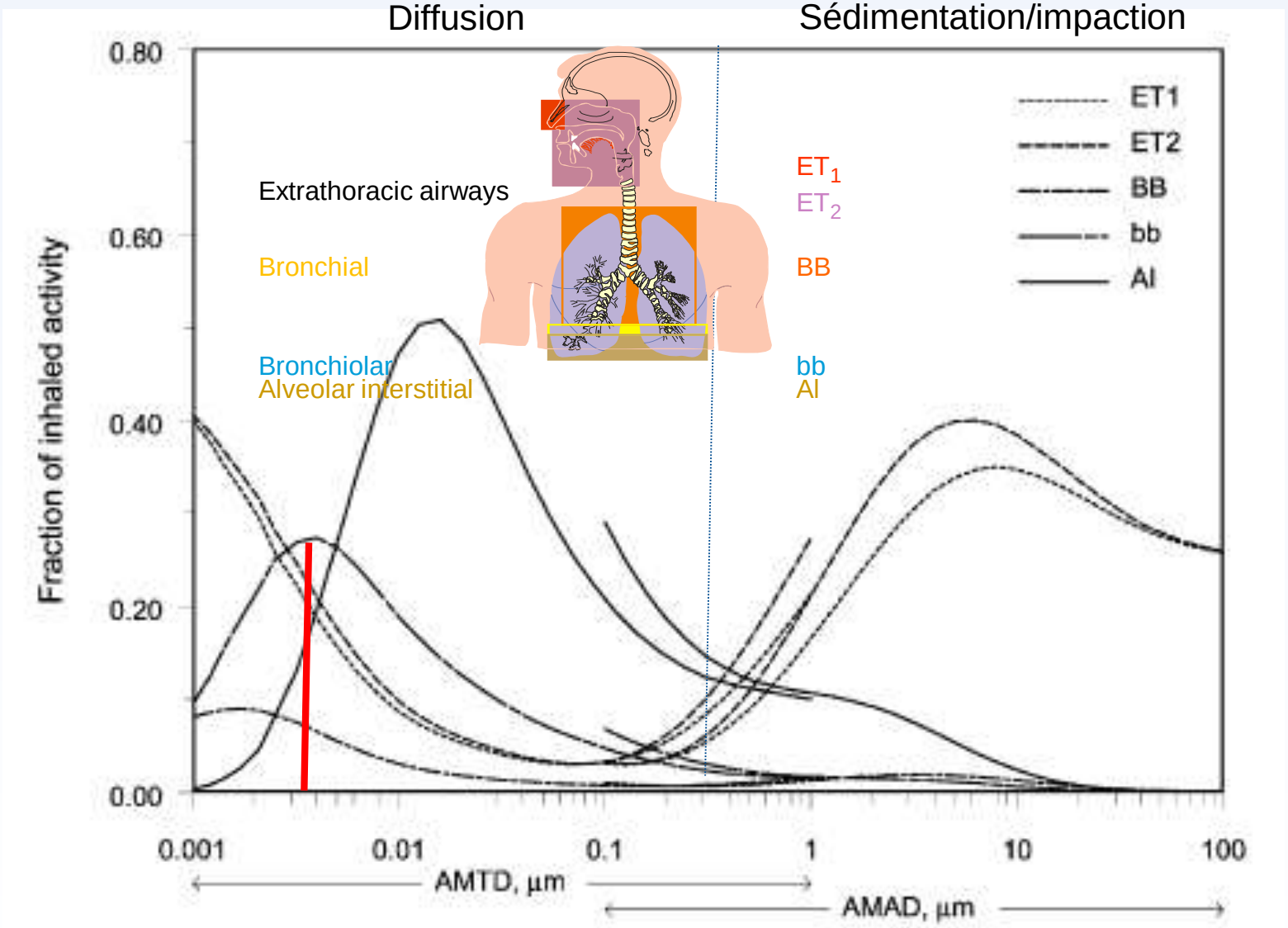
Distribution des aerosols en fonction de leur taille



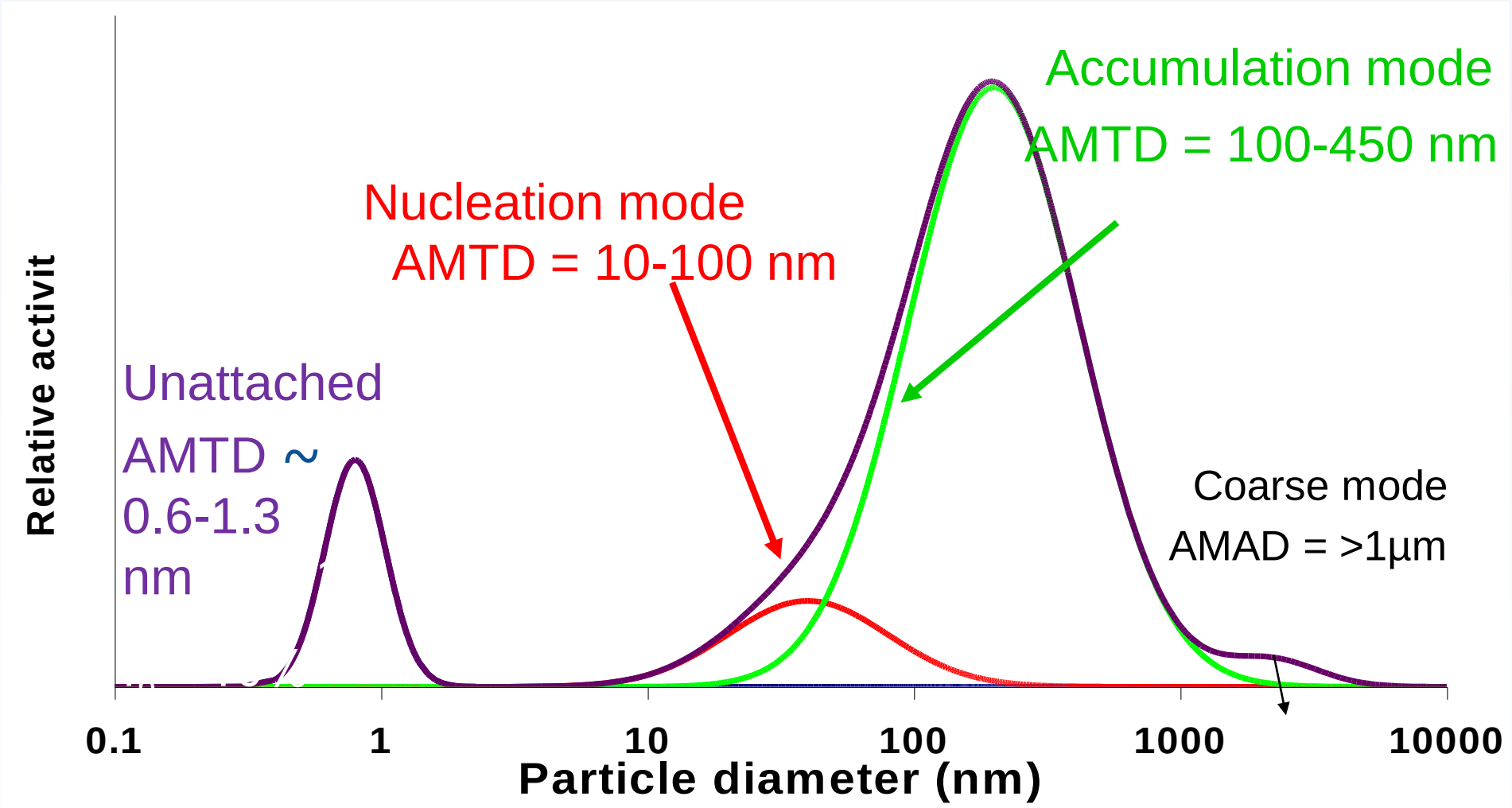
Distribution des aerosols en fonction de leur taille



Distribution des aerosols en fonction de leur taille

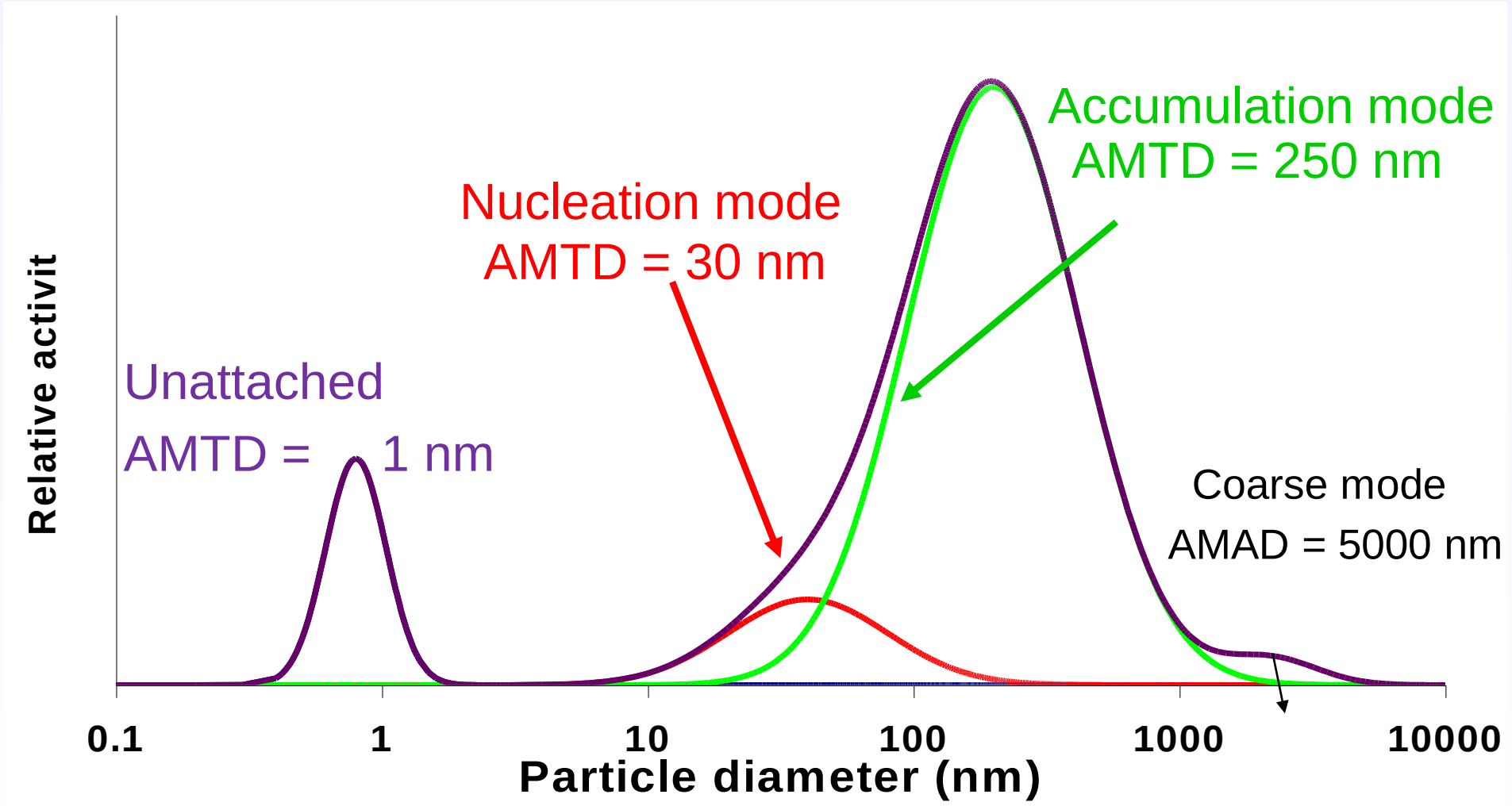


Distribution en taille des aerosols des descendants du radon



Porstendörfer 2001, Marsh *et al* 2002

Distribution en taille des aerosols des descendants du radon: cas de l'air intérieur



Porstendörfer 2001, Marsh *et al* 2002

Dépôt des aerosols “de reference” dans l’arbre bronchique

Exposure scenario	Mode	Deposition in regions (%)					
		ET_1	ET_2	BB	bb	AI	Total
All	u	51.91	27.96	7.93	10.05	0.59	98.43
Indoor workplace	n	3.85	2.08	0.93	6.53	27.90	41.29
	a	10.68	5.75	0.60	1.42	9.05	27.51
Mine	a	3.16	1.70	0.41	2.16	9.94	17.37
Tourist cave	a	3.42	1.84	0.47	2.61	11.94	20.28

Table A.6. Deposition of inhaled ^{222}Rn progeny aerosols in respiratory tract regions. ‘u’ = unattached mode, ‘n’ = nucleation mode, and ‘a’ = accumulation mode.

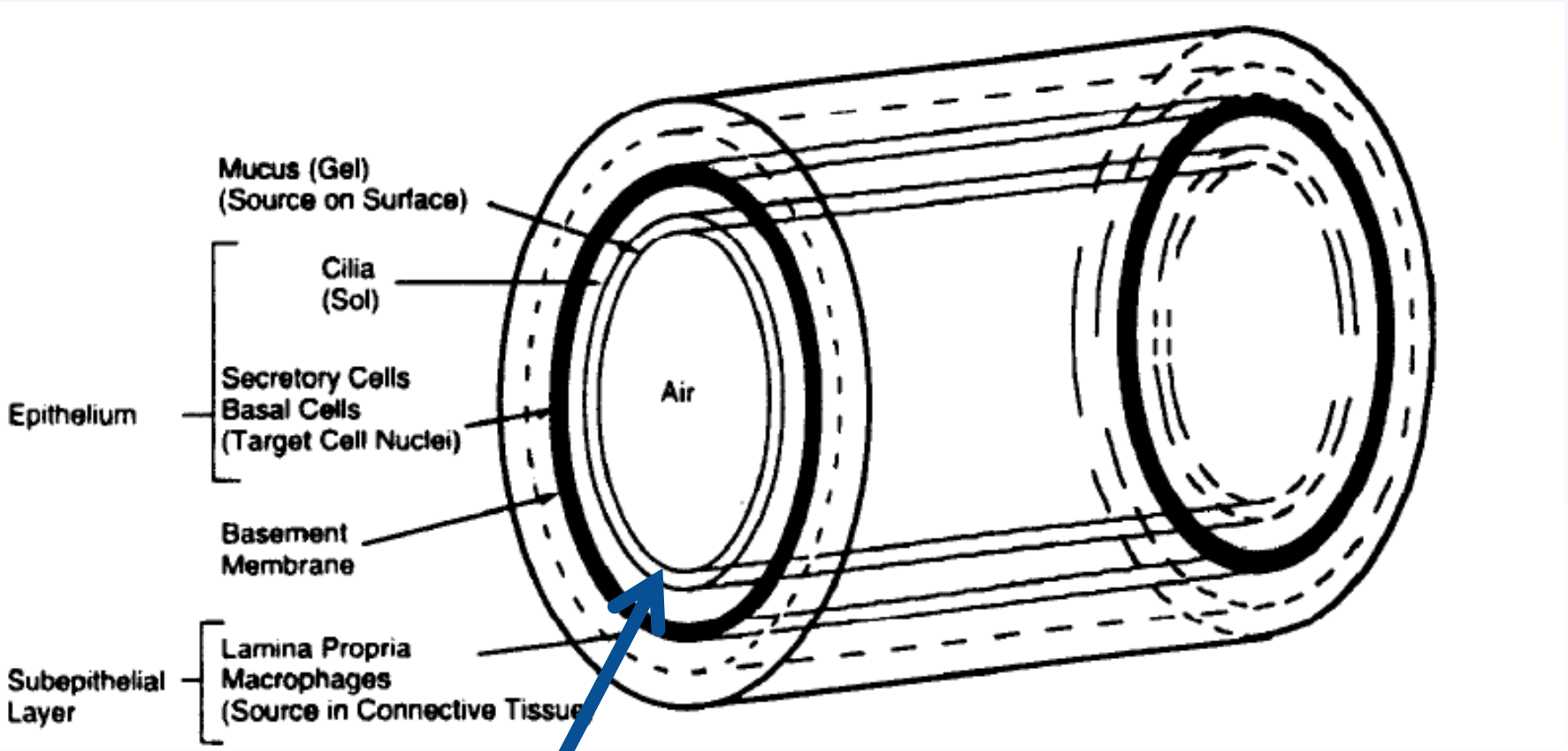
Définition des principaux paramètres

- Le taux de respiration
- Les caractéristiques des aérosols
  - fraction libre
  - distribution en taille
- Le facteur d’équilibre

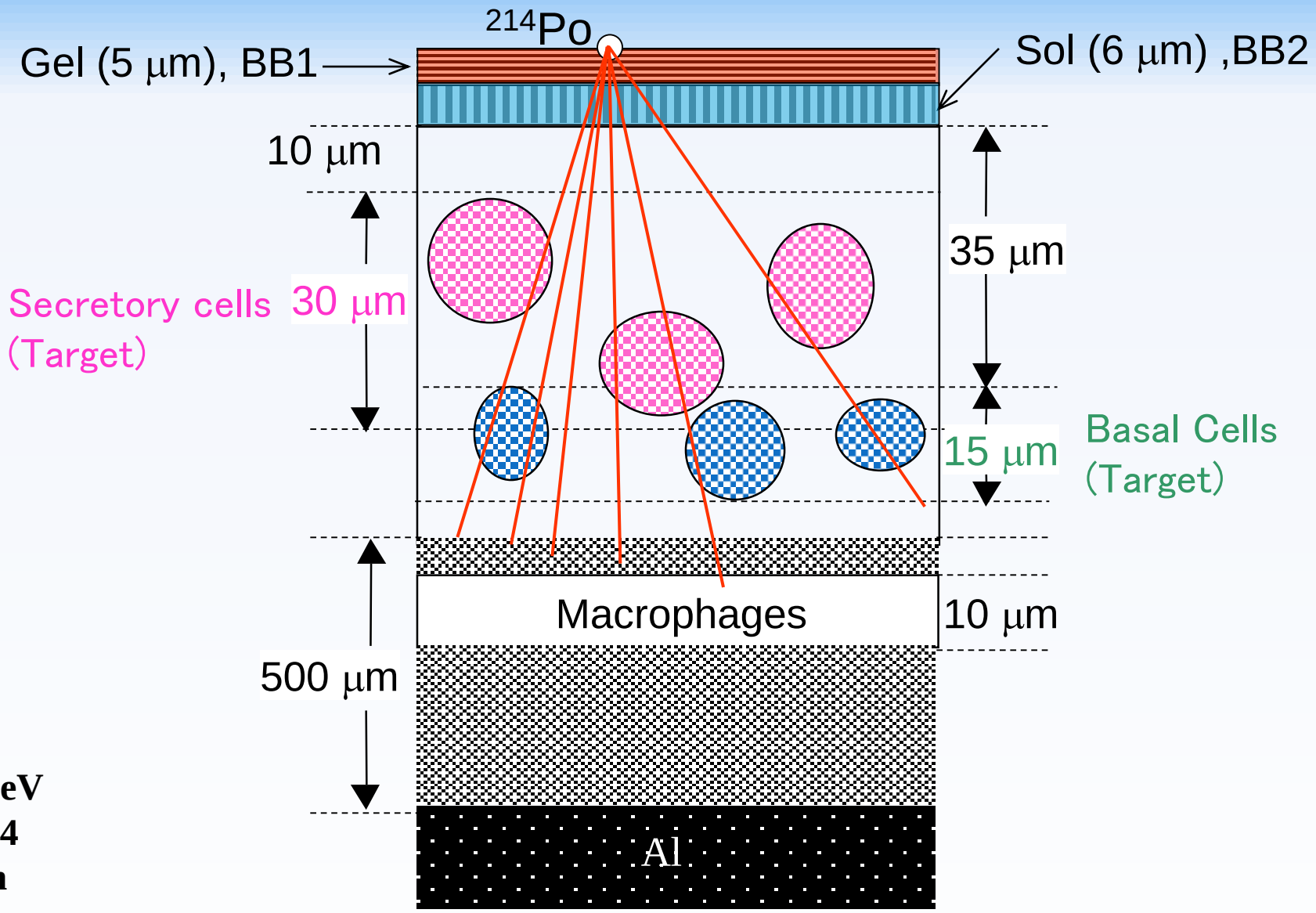
B/ Définition des principaux paramètres

- Le taux de respiration
- Les caractéristiques des aérosols
  - fraction libre
  - distribution en taille
- Le facteur d'équilibre
- Le modèle géométrique des voies aériennes

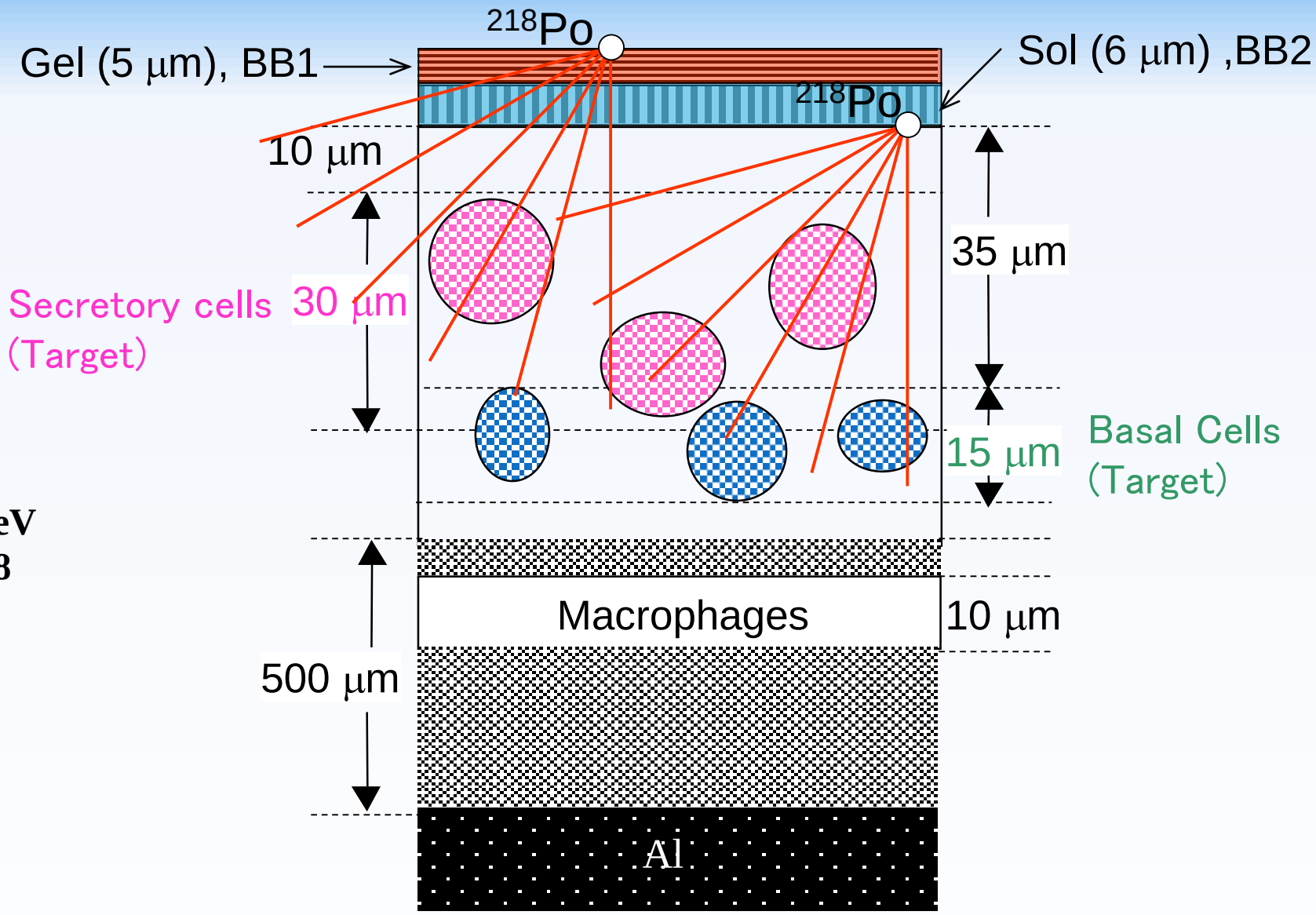
Modèle géométrique des voies aériennes (HRTM)



RN déposés
sur la surface



7.7 MeV
Po-214
71 μm


^{218}Po
Gel (5 μm), BB1
Sol (6 μm) ,BB2
^{218}Po
10 μm
35 μm
Secretory cells
(Target)
30 μm
15 μm
Basal Cells
(Target)
6.0 MeV
Po-218
47 μm
Macrophages
10 μm
500 μm
Al

Coefficients de dose pour inhalation du radon et de ses descendant

	Dose efficace mSv par WLM
Dosimetrie	
Mine	12
Bureaux	20
Faible débit respiratoire	14
Grotte touristique	24
Habitat	14
Epidémiologie	
Travailleurs	12
Public	9

Coefficients de dose pour Rn + descendants
Propositions de la CIPR

- **3 mSv par mJ h m^{-3} (approx. 10 mSv par WLM)**
  dans la majorité des cas,

- **6 mSv par mJ h m^{-3} (approx. 20 mSv par WLM)**
  pour les grottes et les travaux demandant une activité physique conséquente

Tous les details de calculs sont donnés en annexe, permettant une modulation ***(sous couvert de l'accord de l'organisme de regulation !!!)*** *de ces coefficients en fonction de données plus précises sur le facteur d'équilibre et/ou les caractéristiques des aérosols*

Résumé

- **Evidence épidémiologiques que l'inhalation de ^{222}Rn + descendants peut provoquer des cancers pulmonaire (corrigé de l'influence du tabac)**

- **Le coefficient nominal de risque est de 5×10^{-4} WLM^{-1}**

- **Les coefficients de dose sont de 3 mSv par mJ h m^{-3} (approx. 10 mSv WLM^{-1}) pour la plupart des cas; 6 mSv par mJ h m^{-3} (approx 20 mSv WLM^{-1}) pour les grottes et le travail demandant une activité physique particulière**

- **Possibilité de calculer des coefficients site spécifique en cas de données établies.**

Le volet règlementaire (aujourd'hui)

Transposition Directive 2013/59

Les employeurs doivent prendre en compte le risque radon dans le cadre de l'évaluation des risques, réalisée conformément aux dispositions des articles R. 4451-13 à R. 4451-17 du code du travail.

Approche intégrée (tous les risques professionnels) et graduée

- ***Décret n° 2018-437*** *du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants ;*
- ***Décret n° 2018-438*** *du 4 juin 2018 relatif à la protection contre les risques dus aux rayonnements ionisants auxquels sont soumis certains travailleurs*

Le volet règlementaire

***Le risque radon sur un lieu de travail doit être géré lorsque l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs, c'est-à-dire lorsque le niveau de référence de l'activité volumique moyenne annuelle en radon, fixé à 300 Bq.m^{-3} dans les immeubles bâtis, est atteint ou dépassé* (Art. 4451-1 du CT).**

Le volet règlementaire

La gestion du risque radon commence par une évaluation du risque d'atteindre ou de dépasser le niveau de 300Bq.m^{-3} (moyenne annuelle)

Le volet règlementaire

Evaluation des risques

Première approche documentaire, menée par la personne compétente en RP. Permet de juger s'il faut envisager un mesurage du radon

Sont visés :

- **Les lieux de travail spécifiques, dont la liste est fixée par arrêté.**

Le volet règlementaire

Lieux de travail spécifiques :

Sont ceux susceptibles de présenter des concentrations supérieures aux niveaux de référence :

- **cavités souterraines d'origine naturelle (grottes)**
- **cavités souterraines d'origine anthropique (mines,..)**
- **lieux souterrains avec des caractéristiques proches des cavités (contact direct avec la roche, renouvellement de l'air) comme les caves agricoles (fromage, vins, champignons,..)**
- **établissements thermaux et galeries techniques souterraines**
- **lieux en RDC ou S/S avec sources de chaleur créant une dépression (buanderies, conserveries, cuisines..)**

Le volet règlementaire

Evaluation des risques

Première approche documentaire, menée par la personne compétente en RP. Permet de juger s'il faut envisager un mesurage du radon

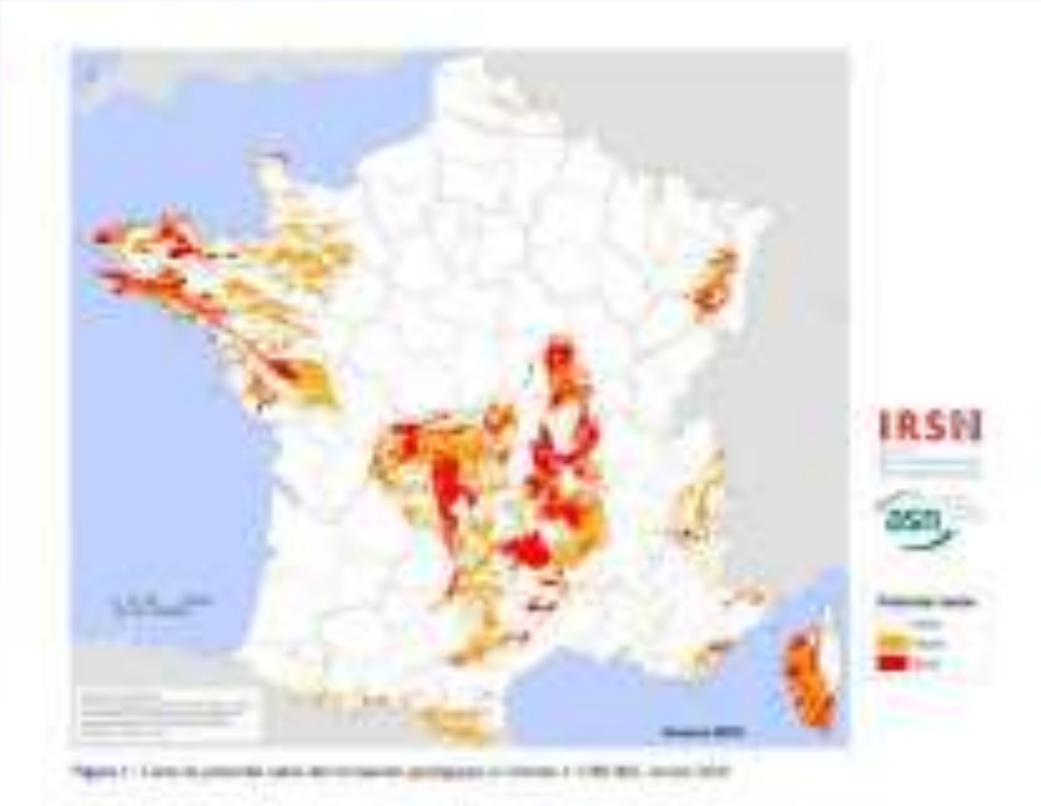
Sont visés :

- Les lieux de travail spécifiques, dont la liste est fixée par arrêté.
- **Les activités professionnelles exercées en S/S ou en RDC dans les zones à potentiel radon (Cf. diapos suivantes)**

Le volet règlementaire

Pour les locaux au S/S ou au RDC :

1. Placer la commune concernée dans l'une des trois zones de potentiel radon (www.irsn.fr/carte-radon)



Le volet règlementaire

a. **Le lieu de travail se situe en zone 1 (potentiel radon faible) :**

Si l'employeur dispose d'information laissant à penser qu'une concentration supérieure au niveau de référence est possible (ex. concentration ponctuelle > 300 Bq/m^3 déjà mesurée sur le lieu de travail ou concentration moyenne > 300 Bq/m^3 mesurée dans un autre bâtiment de la commune) alors un mesurage est recommandé.

Dans le cas contraire, le risque peut être négligé et l'employeur peut ne pas réaliser de mesurage

Le volet règlementaire

b. Le lieu de travail se situe en zone 2 (potentiel radon faible mais facteurs géologiques particuliers pouvant faciliter le transfert du Rn dans les bâtiments), ou en zone 3 (potentiel Rn significatif) :

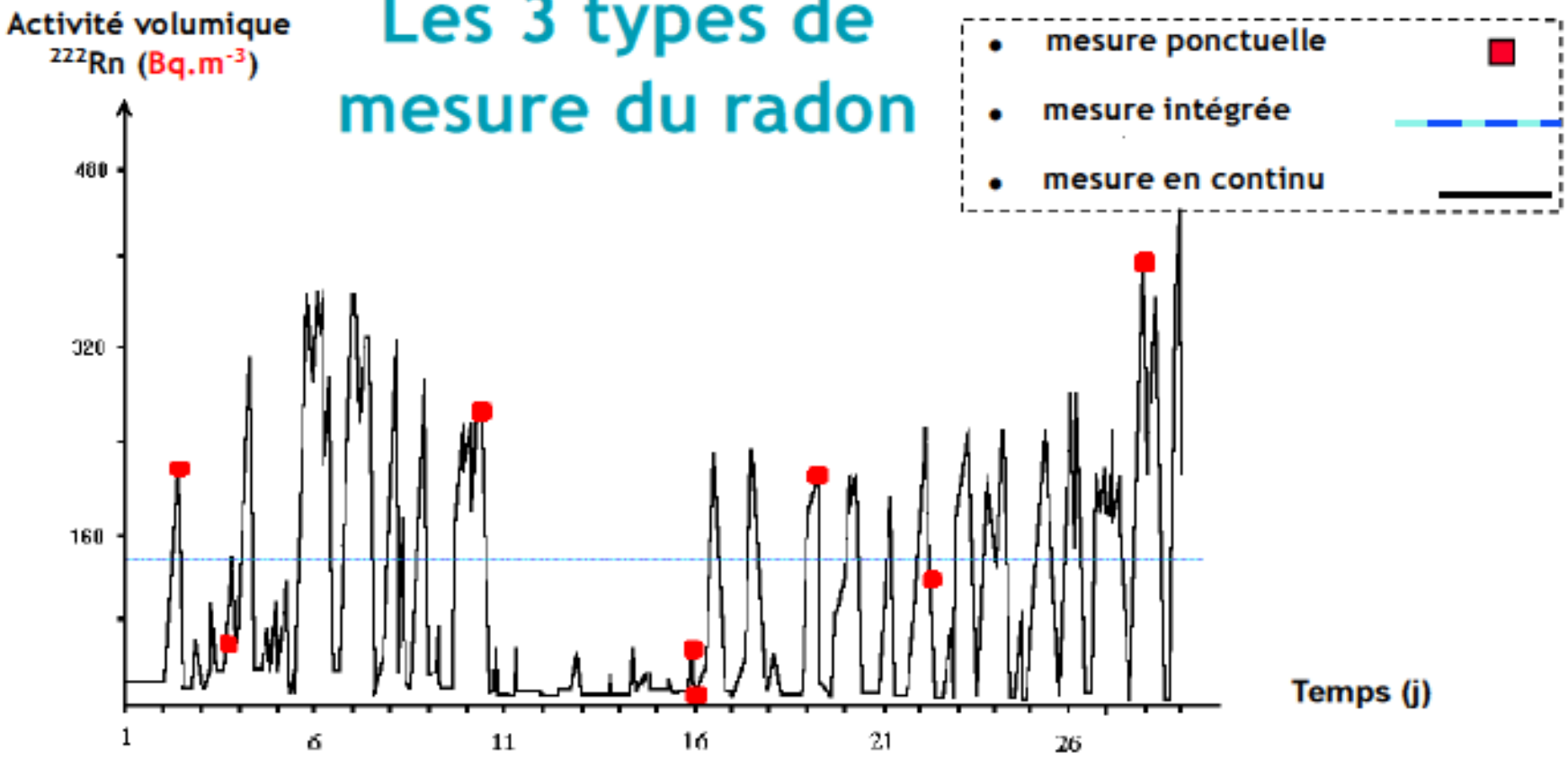
Un mesurage est recommandé car le nombre de bâtiments > 300 Bq/m^3 est statistiquement plus important dans ces zones .

Quelle que soit la zone, l'employeur peut très bien procéder directement à des mesurages (plus précis, coût modique)

Le volet règlementaire

- **Automesurage à l'aide de dosimètres passifs (R. 1333-30)**

Les 3 types de mesure du radon



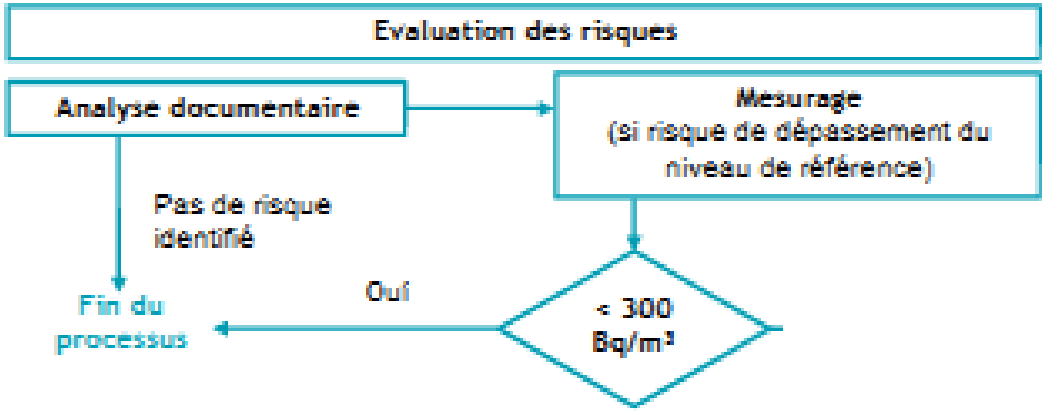
- Mesure intégrée : seule mesure valable dans le cadre d'un mesurage initial du LT (valeur globalement représentative de l'activité volumique en radon pendant la période considérée)

Le volet règlementaire

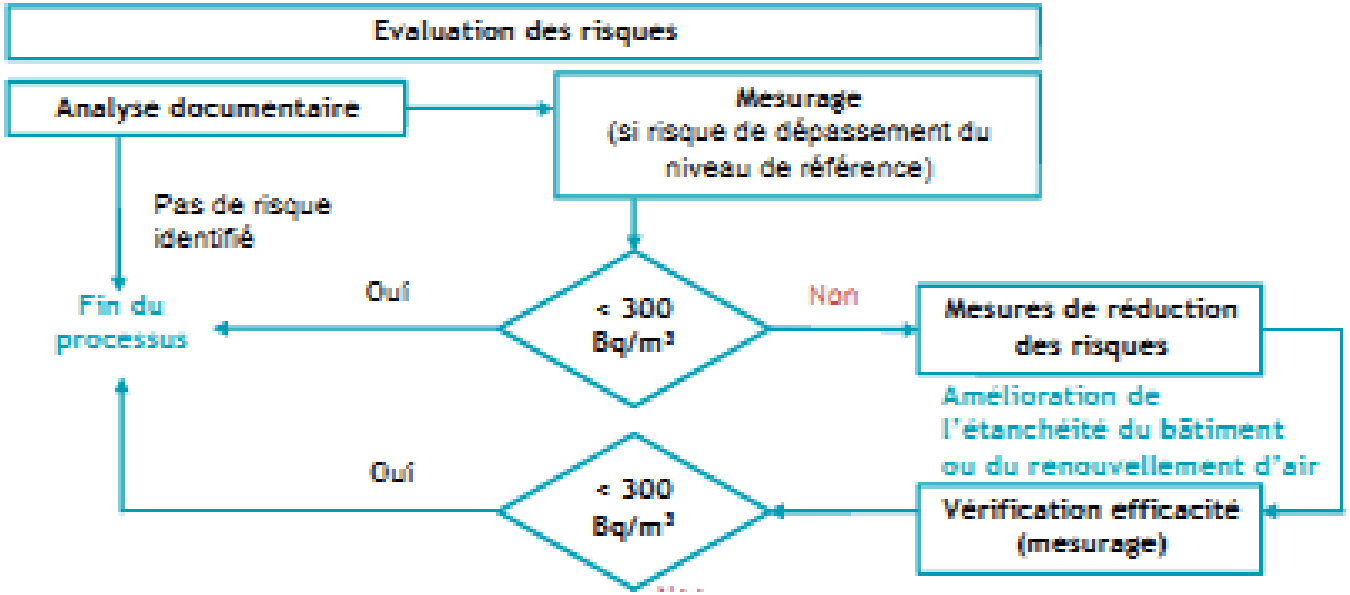
- Automesurage à l'aide de dosimètres passifs (R. 1333-30)
- **Mesurage par organismes accrédités au titre du CT (R. 4451-44)**
- **Mesurage par organisme agrée par ASN (R. 4451-44)**

Les résultats de l'évaluation des risques consignés dans le document unique (R. 4451-16)

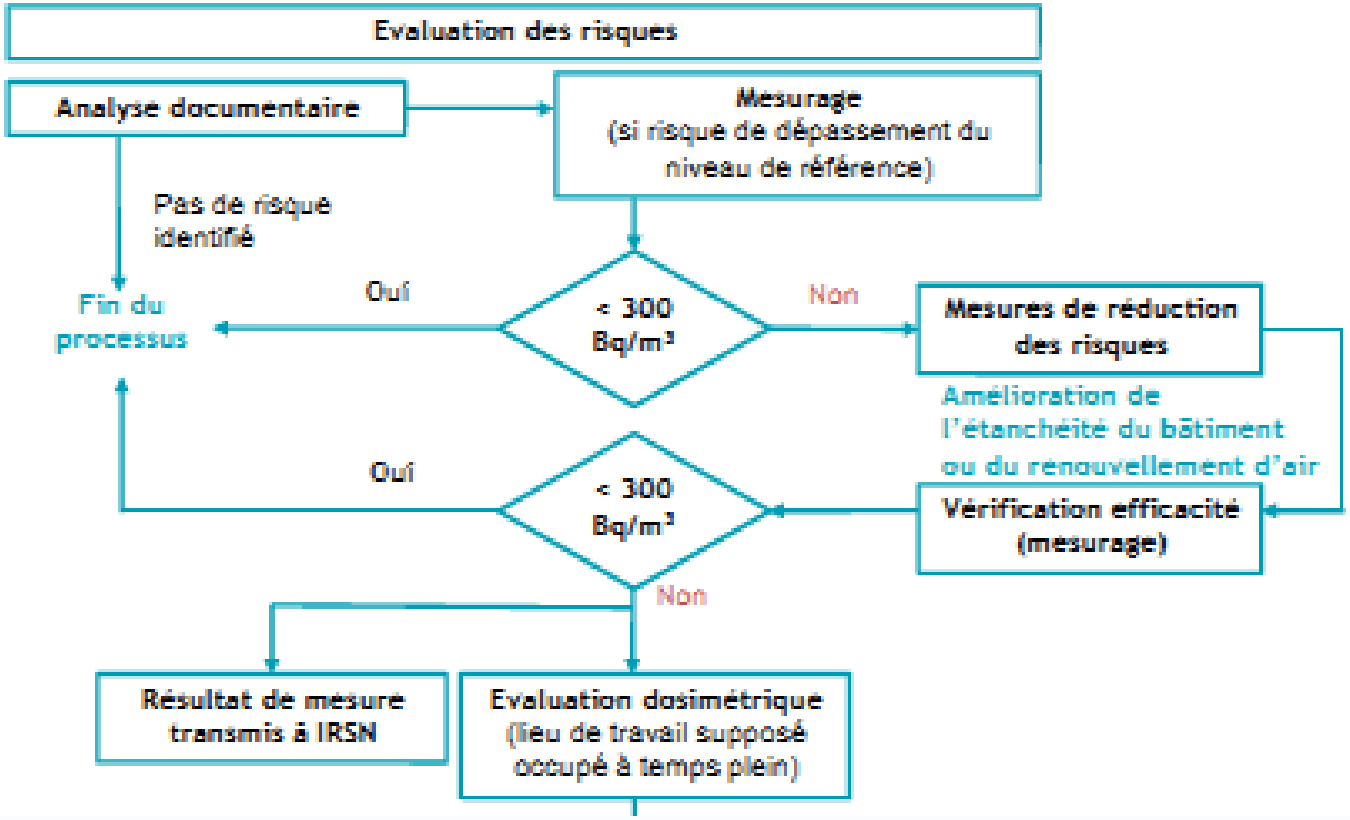
Le volet règlementaire



Le volet règlementaire



Le volet règlementaire

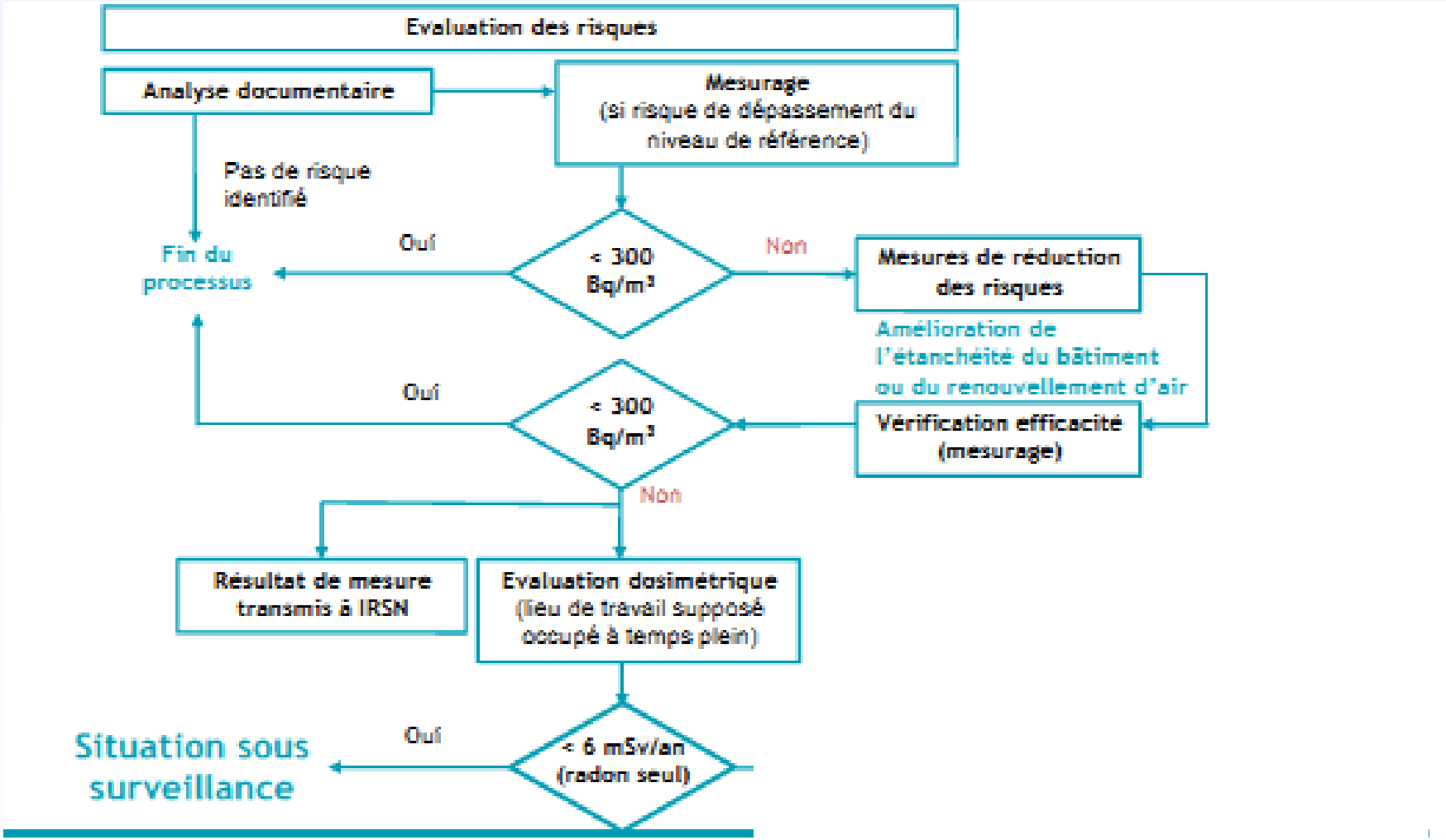


Le volet règlementaire

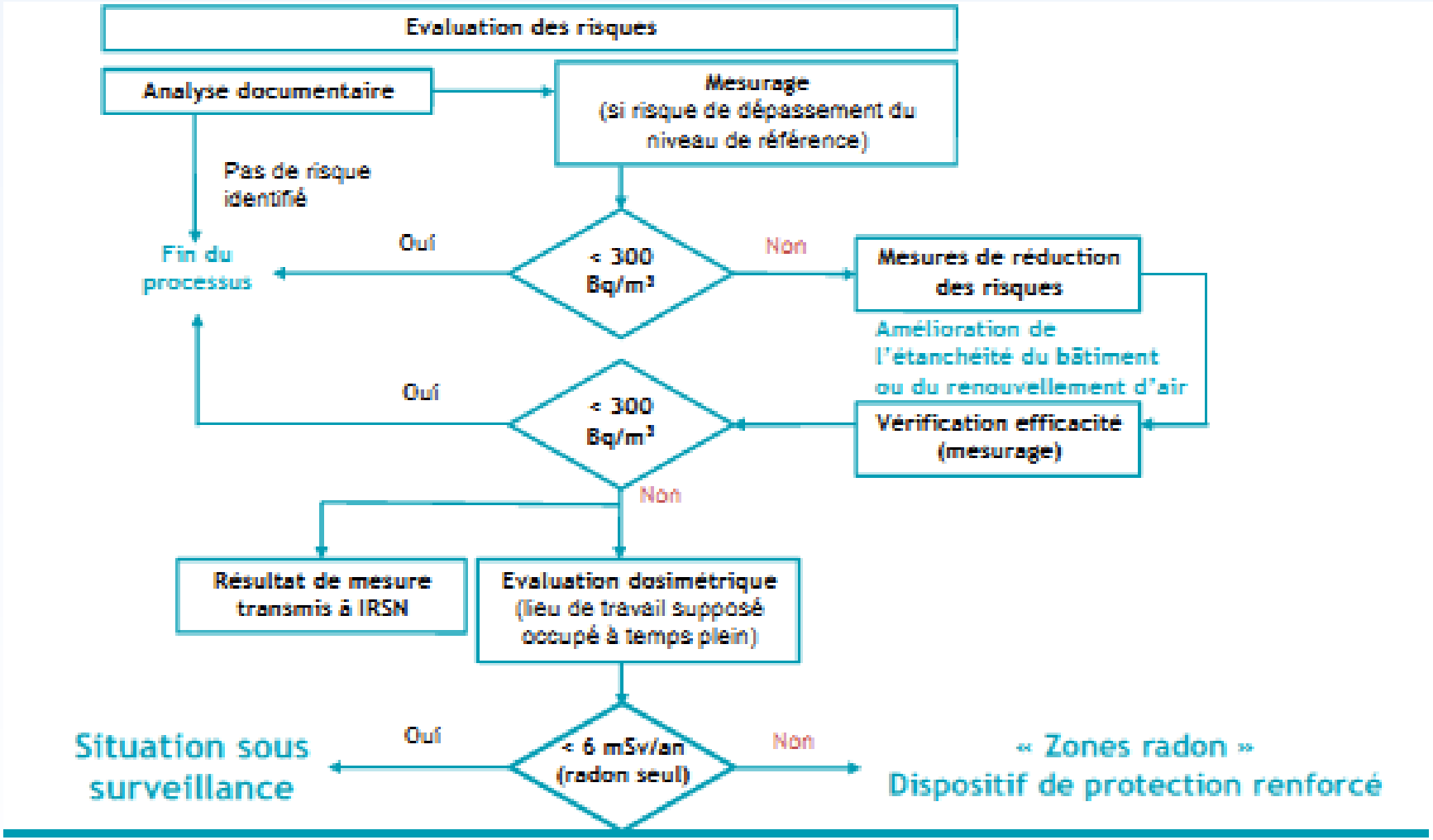
Evaluation dosimétrique du lieu de travail

$E(Sv) = C\ (Bq.m^{-3}) \times$ Coefficient de dose $(Sv.Bq^{-1}h^{-1}\ m^{3}) \times 2000\ (h)$

Le volet règlementaire



Le volet règlementaire



Le volet règlementaire

« zones radon »

(Art. 4451-23 à 25)

- **Les « zones radon » doivent être délimitées par des moyens adaptés**
- **Cette délimitation est consignée dans le document unique d'évaluation des risques**
- **Leur accès doit être limité**
- **Elles font l'objet d'une signalisation spécifique**

Exemples de signalisation*

** Il n'existe à ce jour pas de panneau de signalisation normalisée*

De A. Rannou, 2019

Le volet règlementaire

Actions à mener en cas de présence de « zones radon » dans les lieux de travail

La présence de « zones radon » dans des lieux de travail entraîne la mise en place d'un dispositif de protection renforcé

- Limitation des accès à ces zones
- Désignation d'un conseiller en RP
- Vérification initiale (mesures par un organisme accrédité OAc ou agréé OAg) et périodique (par le Conseiller en RP) de la concentration en radon dans ces zones
- Evaluation individuelle des doses pour tout travailleur accédant en "zone radon"

$E(Sv) = C\ (Bq.m^{-3}) \times \text{Coefficient de dose}\ (Sv.Bq^{-1}h^{-1}\ m^{3}) \times T(h)$

Le volet règlementaire

Actions à mener en cas de présence de « zones radon » dans les lieux de travail

La présence de « zones radon » dans des lieux de travail entraîne la mise en place d'un dispositif de protection renforcé

- Limitation des accès à ces zones
- Désignation d'un conseiller en RP
- Vérification initiale (mesures par un organisme accrédité OAc ou agréé OAg) et périodique (par le Conseiller en RP) de la concentration en radon dans ces zones
- Evaluation individuelle des doses pour tout travailleur accédant en "zone radon"
- Suivi dosimétrique individuel (par OAc) si > 6 mSv/an
- Formation / information
- Travailleur classé
- Application de la limite de dose de 20 mSv/an
- Ajout de la dose radon à celle reçue par ailleurs si travailleur classé

De A. Rannou, 2019

Le volet règlementaire

Points importants à retenir

- **L'objectif premier de l'employeur doit être de limiter l'exposition des travailleurs, ceci au niveau le plus bas raisonnablement possible**
- **Lorsque le niveau de référence de 300 Bq/m^3 de radon en moyenne annuelle est atteint ou dépassé, des mesures simples (étanchéité, ventilation) permettent de réduire efficacement la concentration en radon**
- **En complément de ces mesures, notamment lorsque leur efficacité n'est pas suffisante, l'employeur doit mettre en place une organisation du travail visant à réduire la durée et l'intensité des expositions, en particulier au moyen du contrôle des accès aux « zones radon »**
- **Si ces mesures de réduction ne suffisent toujours pas, des travaux plus lourds (traitement de l'interface sol-bâtiment) doivent être envisagés.**
- **La situation nécessitant de mettre en place le dispositif de protection renforcé devrait être considérée comme une exception.**

De A. Rannou, 2019

Les sources réglementaires en vigueur

- **Articles** L. 1333-22 **et** L. 1333-23**, articles** R. 1333-28 **à R. 1333-36 et article** D. 1333-32 **du code de la santé publique**
- **Articles** L. 125-2**,** L. 125-5**,** L. 221-7**,** R. 125-10 **et** R. 125-11**,** R. 125-23**,** R. 125-24**,** R. 221-29 **du code de l'environnement**
- **Articles** L. 4451-1 **à L. 4451-4 et** L. 4624-2 **et articles** R. 4451-1 **à R. 4514-10 et** R. 4624-10 **à R. 4624-57 du code du travail**
- **Arrêté** du 27 juin 2018 **portant délimitation des zones à potentiel radon du territoire français**
- Arrêté du 20 février 2019 **relatif aux informations et aux recommandations sanitaires à diffuser à la population en vue de prévenir les effets d'une exposition au radon dans les immeubles bâtis**
- Arrêté du 26 février 2019 **relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements**
- Arrêté du 13 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 13 octobre 2005 **portant définition du modèle d'imprimé pour l'établissement de l'état des risques naturels et technologiques**
- Instruction n° DGT/ASN/2018/229 du 2 octobre 2018 **relative à la prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants (Chapitre Ier du titre V du livre IV de la quatrième partie du code du travail)**
- Décision n°2009-DC-134 de l'ASN du 7 avril 2009 **modifiée par la décision n°2010-DC-181 de l'ASN du 15 avril 2010 fixant les critères d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures de l'activité volumique du radon, la liste détaillée des informations à joindre à la demande d'agrément et les modalités de délivrance, de contrôle et de retrait de l'agrément .**
- Décision n°2009-DC-0136 de l'ASN du 7 avril 2009 **relative aux objectifs, à la durée et au contenu des programmes de formation des personnes qui réalisent les mesures d'activité volumique du radon, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-15-1 du code de la santé publique**
- Décision n° 2015-DC-0506 de l'ASN du 9 avril 2015 **relative aux conditions suivant lesquelles il est procédé à la mesure de l'activité du radon.**

www.ICRP.org

www.icrp.org