

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Approche graduée du suivi des travailleurs exposés au radon géogénique

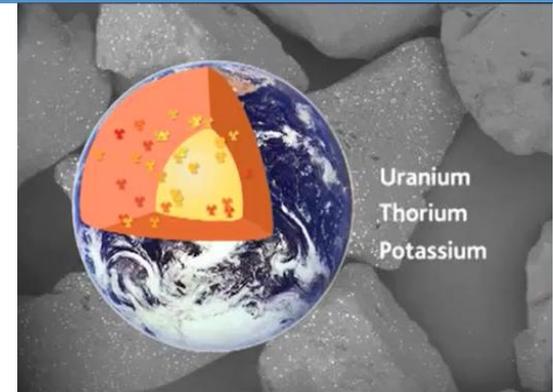
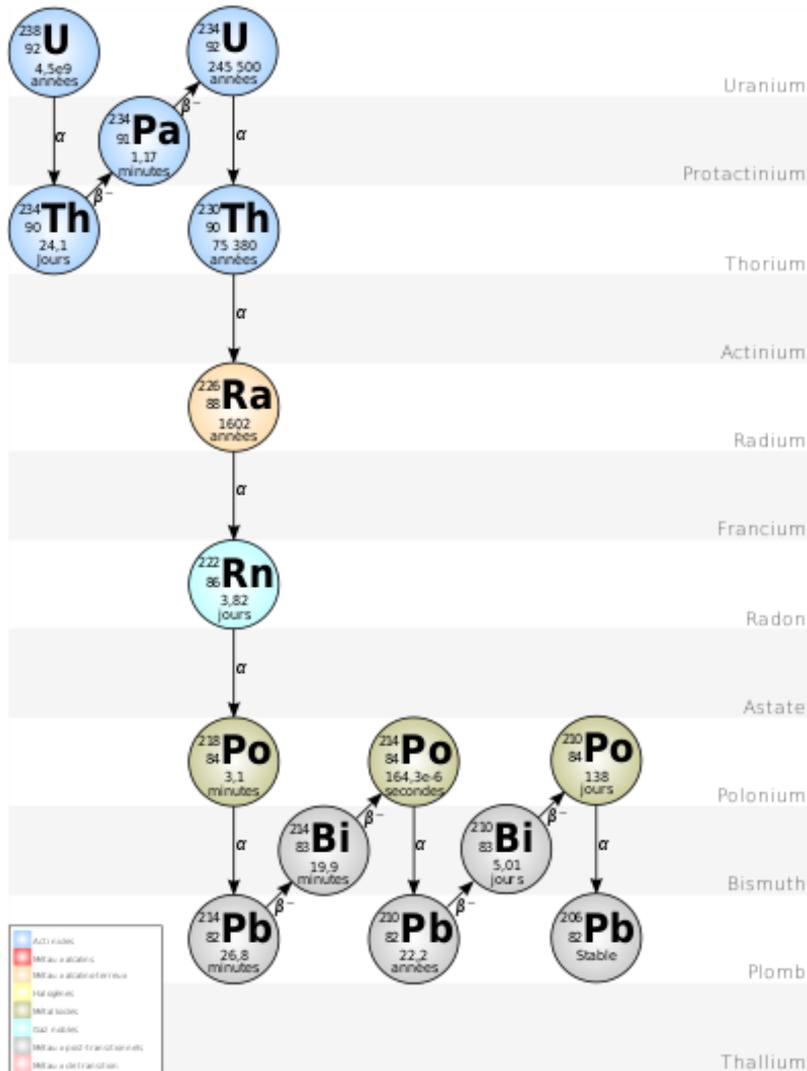
**Nicolas MICHEL**  
**Alain RANNOU**  
© IRSN

# Sommaire

- Origine et risque
- Zones à radon
- Nouvelles dispositions du Code du travail pour le radon
- Gestion du radon dans les lieux de travail
- Dispositif de protection renforcé
- Surveillance dosimétrique individuelle
- Calcul de la dose efficace - coefficients de dose
- Conclusion

# Origine du radon

Le radon 222 provient de la chaîne de désintégration de l'uranium 238



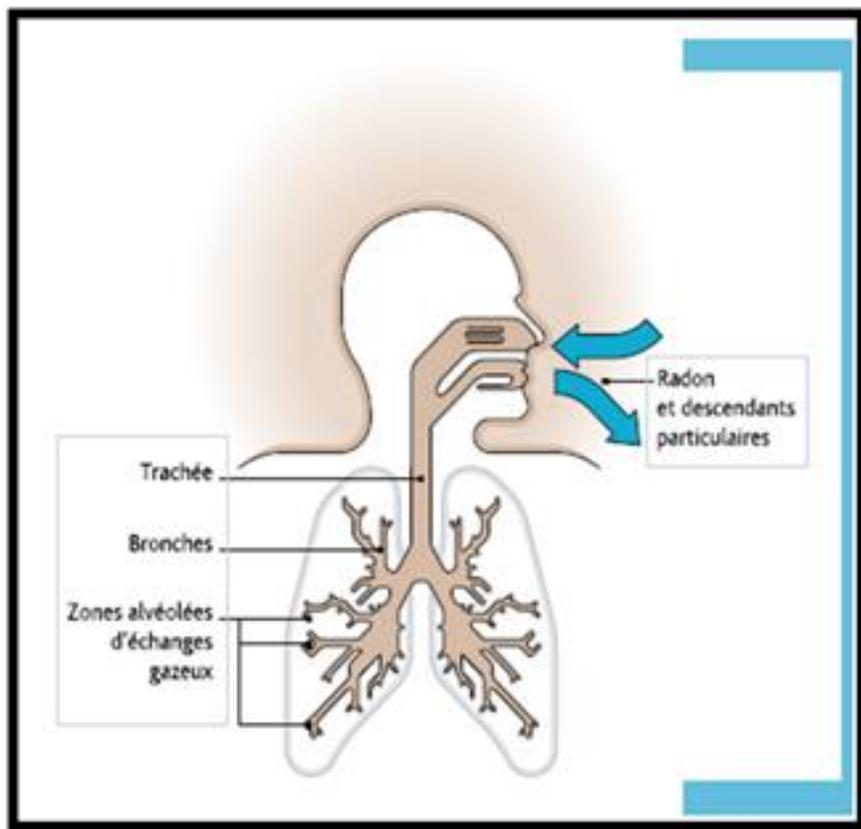
	Période ou $\frac{1}{2}$ -vie (milliard d'années)	Teneur terrestre moyenne (UNSCEAR)
$^{238}\text{U}$	4,47	35 Bq/kg (16 → 110)
$^{232}\text{Th}$	14	30 Bq/kg (11 → 64)
$^{40}\text{K}$	1,3	400 Bq/kg (140 → 850)

Caractéristiques du radon :

- Gaz rare : inodore, incolore, inerte chimiquement
- 3 isotopes : Rn222, Rn220, Rn219
- Présent dans tous les sols mais plus particulièrement dans les roches riches en U (granites...)
- Présence significative : Rn 222  $\frac{1}{2}$  vie : 3,8j.
- Concentration fortement variable dans l'air ambiant
- S'accumule dans les espaces clos (bâtiments...)

Le radon est présent partout à la surface de la terre car ce gaz peut sortir des sols. Sa source ne peut pas être éliminée.

# Le risque sanitaire lié au radon



## Risque de cancer du poumon (avéré, groupe 1 : CIRC/OMS 1987)

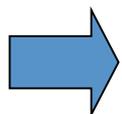
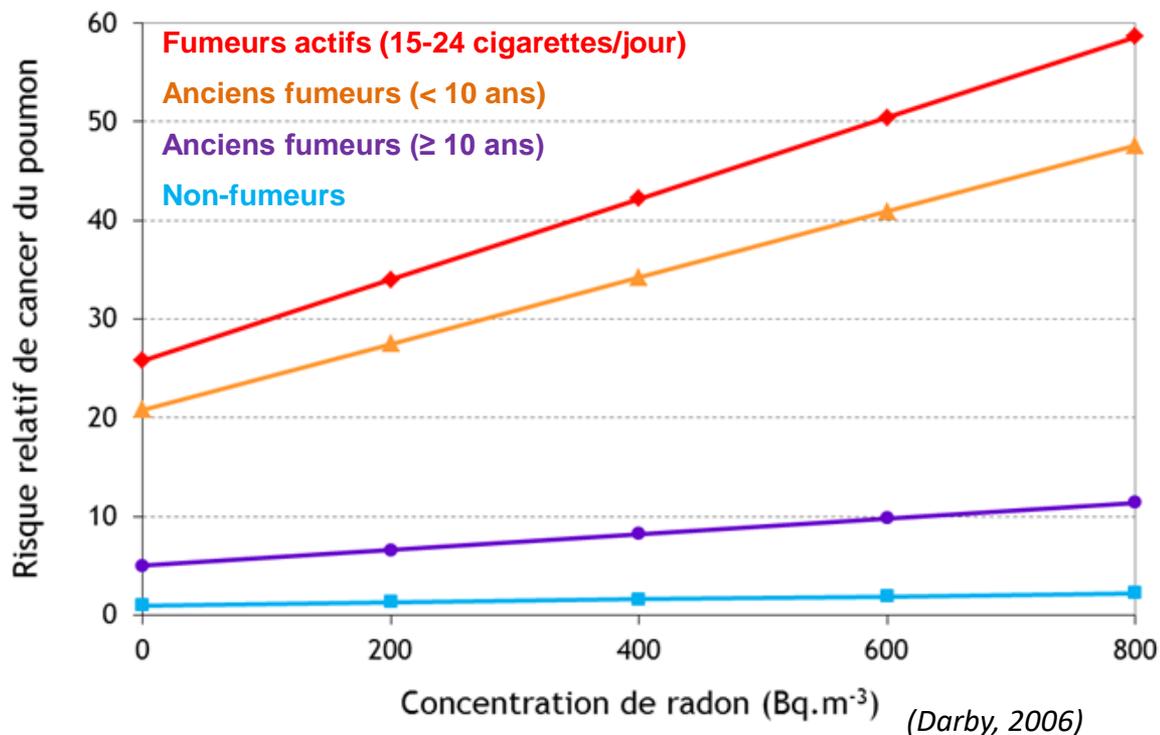
- Le radon est un gaz radioactif qui est inhalé => risque d'exposition interne.
- Sa désintégration émet une particule Alpha ( $2N, 2P$ ), particule la plus à risque en exposition interne ( $WR \times 20$ ).
- En se désintégrant, le radon crée des descendants radioactifs solides ( $Po_{218}$ ,  $Pb_{214}$ ,  $Bi_{214}$ ,  $Po_{214}$ ) pouvant se fixer dans les poumons (sur aérosols).
- Ensemble, ils forment l'Energie Alpha Potentielle (EAP), donnant la dose Rn.
- Le risque dépend du facteur d'équilibre (F) entre le radon gaz et ses descendants. Plus il y a des descendants dans l'air, plus le risque est important

# Etudes épidémiologiques et excès de risque de cancer du poumon

Relation entre l'exposition au radon et le risque de cancer du poumon en ajustant sur le tabagisme



- Relation avec le radon persiste après prise en compte du tabac
- Risque augmente dans chaque catégorie de tabagisme



Estimation moyenne France : 3000 cas/an (IRSN 2017)

# Potentiel d'exhalation du radon

Arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon du territoire français

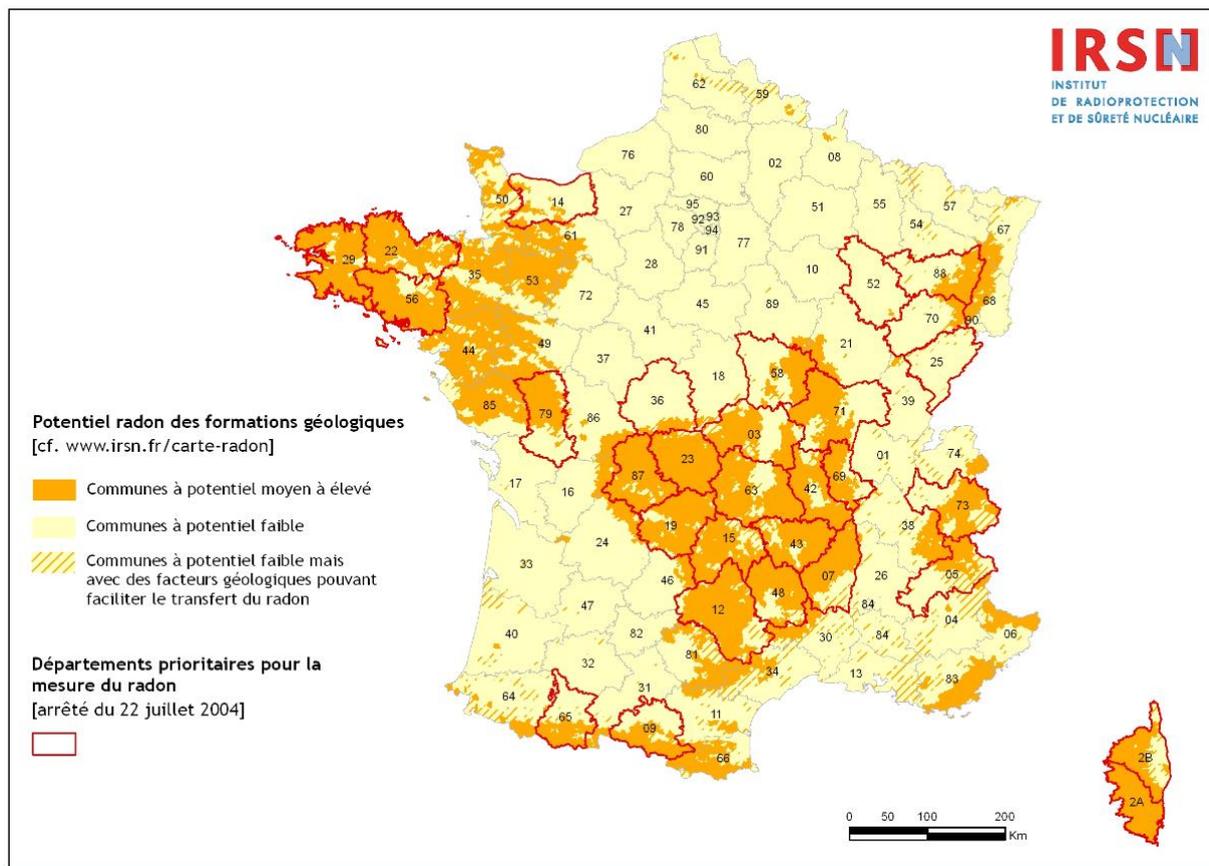
## Nouvelle carte à l'échelle communale

3 zones radon :

- Zone 1 : faible potentiel
- Zone 2 : faible potentiel à ponctualités significatives
- Zone 3 : potentiel significatif sur toute la commune

*Attention : le potentiel d'exhalation du radon des sols n'est qu'un indicateur pour une concentration en radon plus élevée dans un bâtiment*

*Carte interactive sur site internet de l'IRSN*



Catégorie 3 : 6 999 communes réparties sur 70 départements, à comparer aux 10 195 communes des 31 départements prioritaires

# Nouvelles dispositions du CT pour le radon

## ■ Un champ d'application élargi (Art. R. 4451-1)

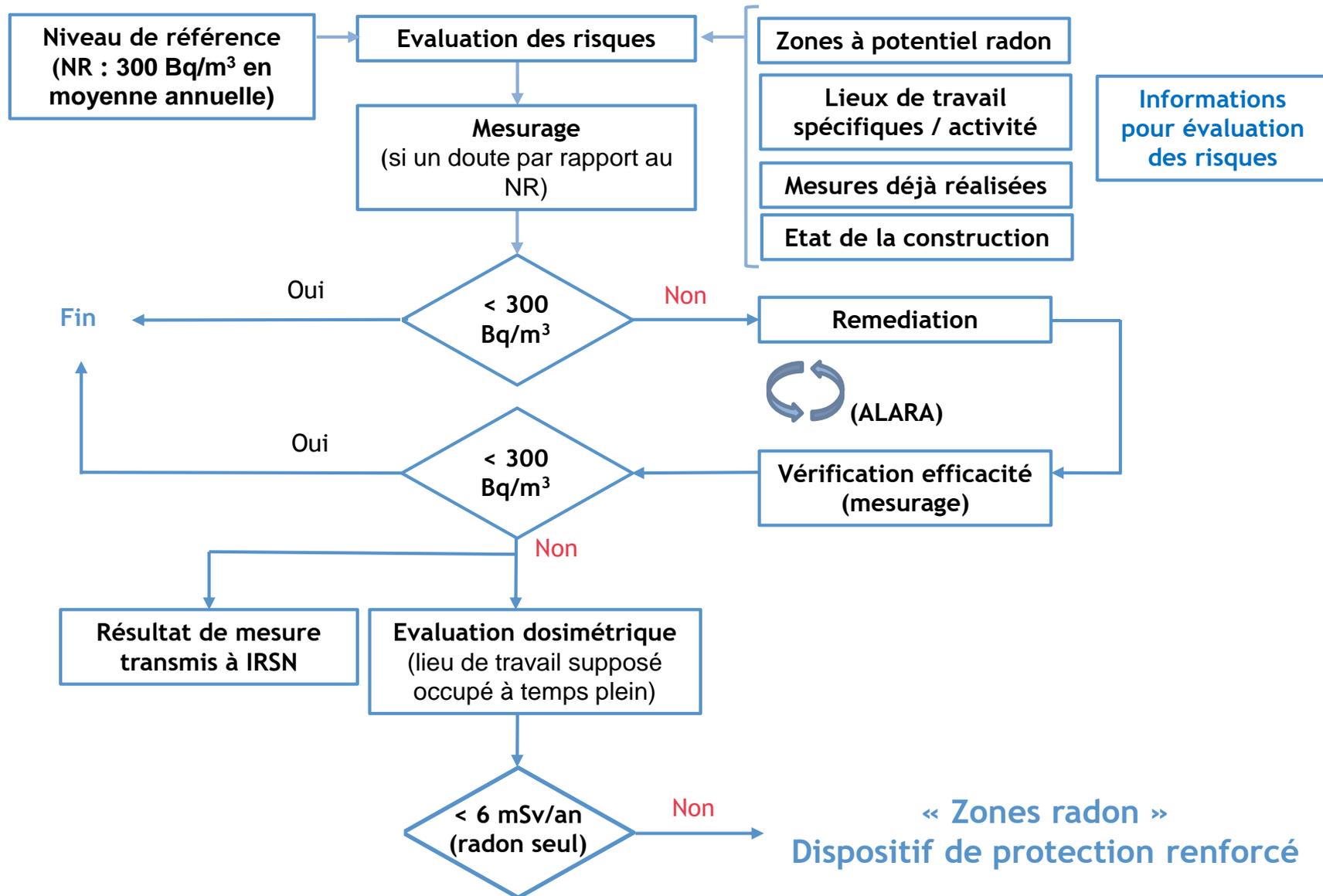
- Activités professionnelles exercées au **sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments** situés dans les zones où l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs définies en application de l'article L. 1333-22 du CSP
- Certains **lieux spécifiques de travail** (liste fixée par un arrêté *à venir* : champignonnières, mines, grottes, caves à fromage, tunnels...)

## ■ Insertion de la gestion du risque radon dans la démarche générale d'évaluation des risques professionnels (*par le salarié compétent, le préventeur ou le conseiller en RP s'il y en a un*)

## ■ Des dispositions graduées selon le niveau de risque

- **Gestion des lieux de travail** tenant compte des concentrations mesurées par rapport au niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup>
- **Dispositif de protection des travailleurs renforcé** en cas de présence de « zones radon » (zones où l'exposition de travailleurs à temps complet est susceptible de conduire à une dose annuelle > 6 mSv/an)

# Gestion du radon dans les lieux de travail



# Mesurage du radon => dépistage

*si doute lors de l'évaluation du risque radon*

Radon (gaz)

$A_{V222Rn}$  ( $Bq.m^{-3}$ )

Détecteurs de traces



Détecteurs à électret



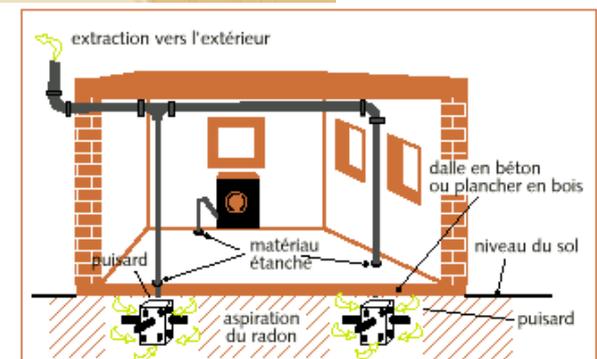
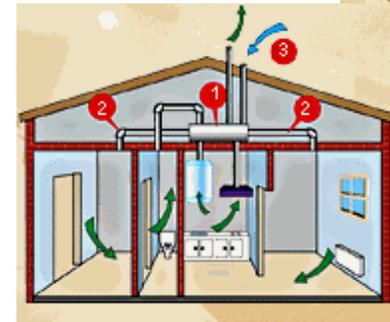
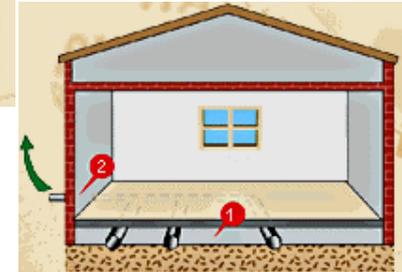
- Utilisation de dispositifs passifs : détecteur de radon (DSTN plus facile à utiliser)
- Nécessité d'une mesure intégrée du radon sur le long terme (2-3 mois) pour atténuer les variations et pouvoir comparer au NR (moyenne annuelle)
- Autocontrôle possible pour le dépistage
- Vente de kit (3 mesures) sur internet pour environ 50€, comprenant le développement
- Attention aux superficies des lieux à mesurer (peut nécessiter beaucoup de détecteurs, Cf. *normes de mesurage*)
- Attention au facteur d'équilibre pour certains lieux de travail ( $F = 0,4$  par défaut dans les bâtiments)

# Travaux pour réduire les niveaux de radon

## *Si dépistage > NR*

- L'employeur met en œuvre les mesures de réduction du risque lié à l'exposition au radon lorsque les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence que l'exposition des travailleurs est susceptible d'atteindre ou de dépasser le NR - Art. R. 4451-18 =>... « 5° *L'amélioration de l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des points d'entrée du radon ou le renouvellement d'air des locaux* »

1. Dans la majorité des cas, des **actions simples** suffisent : remise en état du système de ventilation, respect du taux de renouvellement d'air (25m<sup>3</sup>/h/o dans un bureau)...
2. Si les actions simples ne suffisent pas, nécessité d'actions de remédiation plus lourdes
3. Passage à un système de protection renforcée pour les travailleurs si impossible de réduire < NR



# Dispositif de protection renforcé

*Si l'employeur ne peut pas réduire < NR 300Bq/m<sup>3</sup>*

- Délimitation / signalisation de “zones radon”
- Désignation d'un conseiller en RP
- Vérification initiale (mesures par OAc ou OAg) et périodique (par le Conseiller en RP) de la conc. de radon dans ces zones
- Evaluation prévisionnelle des doses pour tout travailleur accédant en “zone radon”
- Dosimétrie individuelle 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
- Suivi individuel renforcé de l'état de santé du travailleur

# Surveillance dosimétrique individuelle (1)

## ■ Objectifs

- Réduire l'exposition du travailleur au niveau le plus bas raisonnablement possible
- S'assurer du respect des valeurs limites

## ■ Principes généraux (Art. R. 4451-65)

- Surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition au radon réalisée au moyen de [dosimètres à lecture différée](#) adaptés
- Fourniture des dosimètres et leur exploitation assurées par un [organisme de dosimétrie accrédité](#) (OAc)

Des mesurages de concentration de radon dans l'air effectués à l'aide d'[appareils électroniques de type chambre d'ionisation ou semi-conducteur](#) peuvent être mis à profit pour la mise en place du suivi dosimétrique individuel et par la suite pour contribuer à répondre au premier objectif (optimisation)

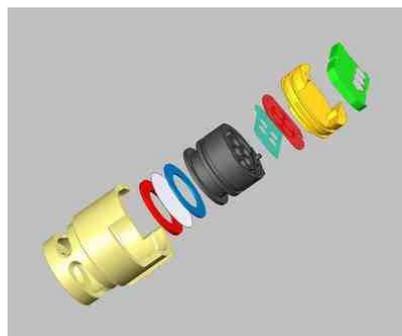
# Surveillance dosimétrique individuelle (2)

## Modalités d'application

- Définies par un arrêté\* prévu à l'Art. R. 4451-73
- Exigences générales identiques à celles pour les autres types de surveillance
- Exigences propres au radon précisées dans une annexe technique
- Entrée en vigueur le 20 juillet 2020

\* *Projet d'arrêté établi par la DGT. Avis du COCT du 29 juin, de l'ASN du 26 juillet, de l'IRSN du 18 septembre et de la CNIL du 15 décembre 2018 => mi 2019 ?*

Moyens de mesure intégrée du radon (*idem dépistage*) et des descendants à lecture différée



Dosimètre alpha individuel

Descendants du radon (aérosols)  
 $EAP_{V222Rn}$  ( $J.m^{-3}$ )

Facteur d'équilibre

$$F = \frac{EAP_{V222Rn}}{5,56 \cdot 10^{-9} \times A_{V222Rn}}$$

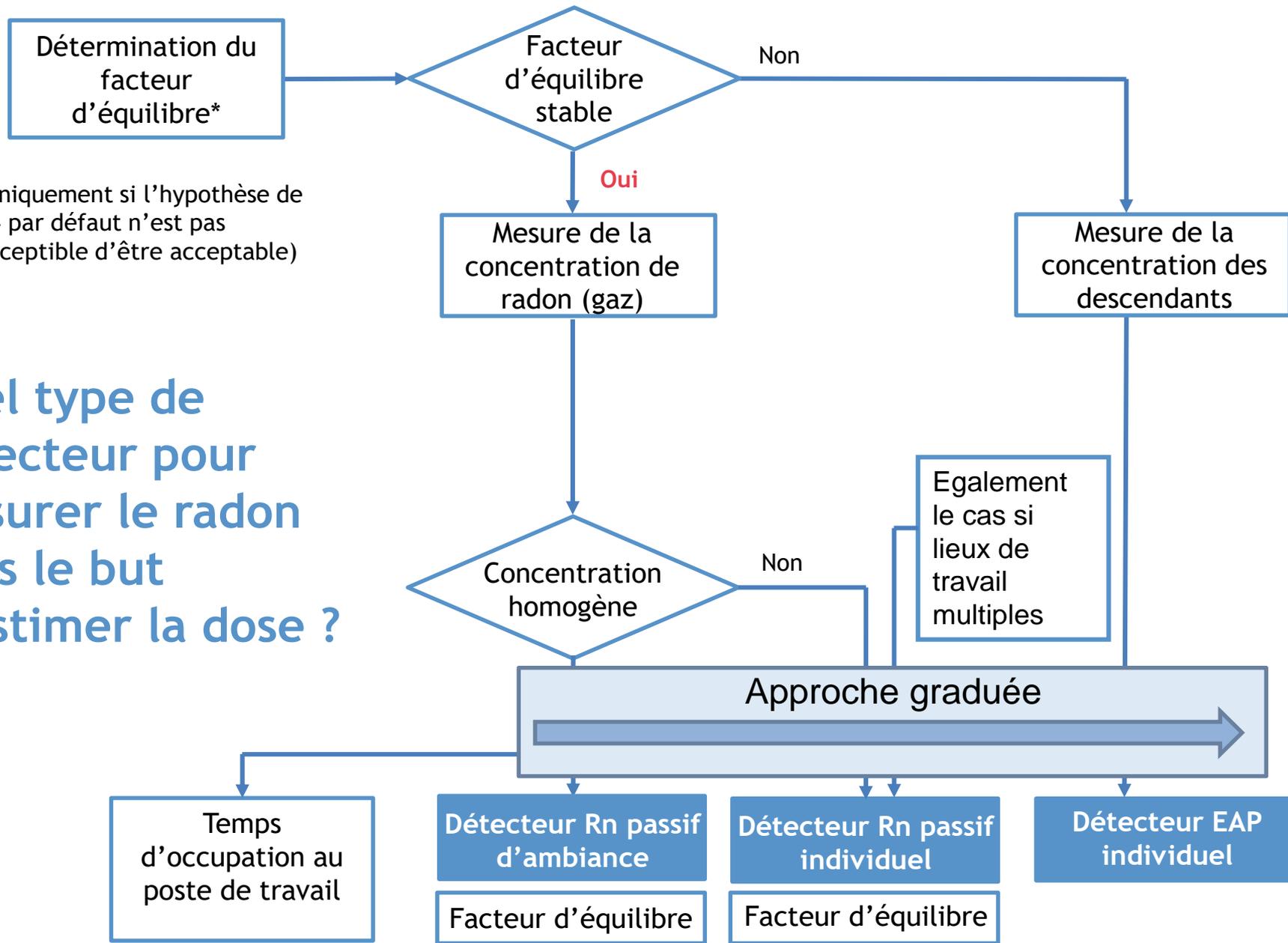
Domaine de variation  
 $\approx [0,2 - 0,8]$

Typiquement :

- Bureau : 0,4
- Mine ventilée : 0,2
- Grotte touristique : 0,4

# Quel type de détecteur pour mesurer le radon dans le but d'estimer la dose ?

(\*uniquement si l'hypothèse de 0,4 par défaut n'est pas susceptible d'être acceptable)



# Calcul de la dose efficace

## Art. R. 4451-12.

Les calculs de la dose efficace et des doses équivalentes sont réalisés selon les méthodes définies par l'arrêté pris en application de l'article R. 1333-24 du code de la santé publique.

## En pratique, utilisation de coefficients de dose

Objet de la mesure	Temps d'occupation	Concentration	Exposition	Coefficient de dose
Radon	h	Passif d'ambiance $\text{Bq.m}^{-3}$	Passif indiv. $\text{Bq.h.m}^{-3}$	mSv par $\text{Bq.h.m}^{-3}$
Descendants	h	$\text{J.m}^{-3}$	Actif indiv. $\text{J.h.m}^{-3}$	mSv par $\text{J.h.m}^{-3}$

Résultat de la mesure

Facteur d'équilibre

# Coefficients de dose radon

## Arrêté de 2003

- Lieu de Travail : 1,4 mSv par  $\text{mJ.h.m}^{-3}$
- Habitation 1,1 mSv par  $\text{mJ.h.m}^{-3}$

**450 Bq/m<sup>3</sup> et 2000 h**  
↔ **6 mSv/an**

## Evolution tenant compte des nouvelles recommandations de la CIPR (publication 137 de 2017) ?

Exposition \ Dose (mSv)	Travail sédentaire en intérieur	Travail en Mine	Travail en intérieur (activité intense)	Travail en Grotte touristique
1 $\text{mJ.h.m}^{-3}$	3	3	6	6
0,6 $\text{MBq.h.m}^{-3}$ *	4	Sans objet	(Pas donné par la CIPR mais <i>a priori</i> égal à 8)	

\* 300 Bq.m<sup>-3</sup> pendant 2000 h avec un facteur d'équilibre de 0,4

**Le cas échéant, des coefficients de dose différents peuvent être déterminés pour tenir compte de conditions spécifiques (e.g. taille aérosols, fraction libre)**

# Conclusion (1)

- La protection des travailleurs exposés au radon s'inscrit davantage dans le cadre général de la RP des travailleurs
- Le dispositif se décline selon une approche graduée :
  - Concentration de radon  $< 300 \text{ Bq/m}^3$  en moyenne annuelle : pas d'obligation d'actions
  - Concentration de radon  $> 300 \text{ Bq/m}^3$  : obligation de travaux pour réduire la concentration de radon
  - Si  $> 300 \text{ Bq/m}^3$  après travaux mais pas de doses efficaces susceptibles de dépasser  $6 \text{ mSv/an}$  (lieux de travail supposés être occupés en permanence) : maintien de la situation sous surveillance
  - Si  $> 300 \text{ Bq/m}^3$  après travaux et doses efficaces susceptibles de dépasser  $6 \text{ mSv/an}$  (lieux de travail supposés être occupés en permanence) : mise en place du dispositif de protection individuelle renforcé
  - Surveillance dosimétrique individuelle pour tout travailleur susceptible d'être exposé à plus de  $6 \text{ mSv/an}$

# Conclusion (2)

Le suivi dosimétrique individuel des travailleurs exposés au radon répond aux mêmes exigences générales que celles définies pour l'exposition externe (i.e. **dosimétrie passive à lecture différée**)

Ce suivi se décline selon une approche graduée, fonction des conditions ambiantes (stabilité du facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants, représentativité de la mesure d'ambiance)

- Mise en place d'un « dosimètre radon d'ambiance » sur le lieu de travail et prise en compte du temps d'exposition
- Port d'un « dosimètre radon individuel »
- Port d'un « dosimètre EAP individuel » (énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon)

Les modalités du calcul de dose par l'organisme accrédité seront précisées dans un arrêté d'application

# Merci de votre attention



*Faire avancer la sûreté nucléaire*