

JOURNÉES SFRP 4-5 FÉVRIER 2025

LE RADON, PRINCIPALE SOURCE D'EXPOSITION DE L'HOMME

Géraldine IELSCH - François PAQUET

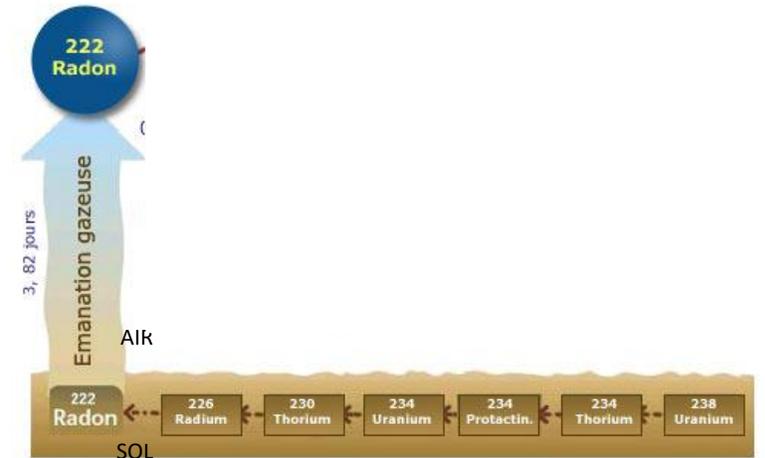
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'EXPERTISE EN ENVIRONNEMENT

1

ORIGINE, CARACTERISTIQUES ET RISQUES ASSOCIÉS

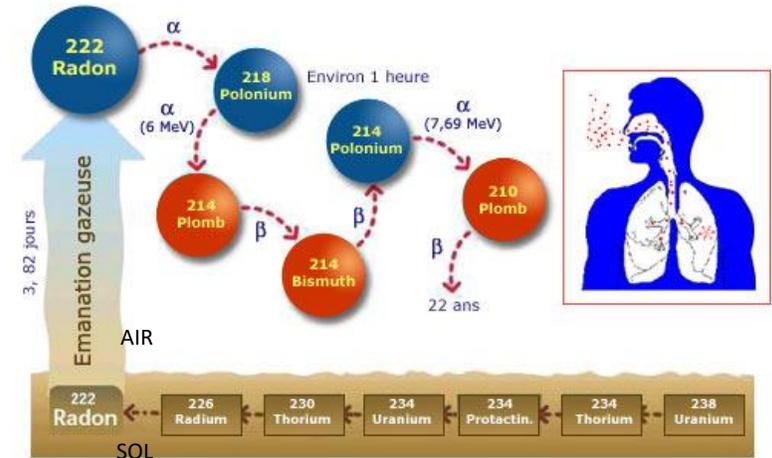
ORIGINE, CARACTÉRISTIQUES ET RISQUES ASSOCIÉS

- Le radon (radon-222) est un gaz radioactif naturel
- Il est issu de la décroissance radioactive du radium présent dans le sol
- Il est inerte chimiquement, inodore, incolore



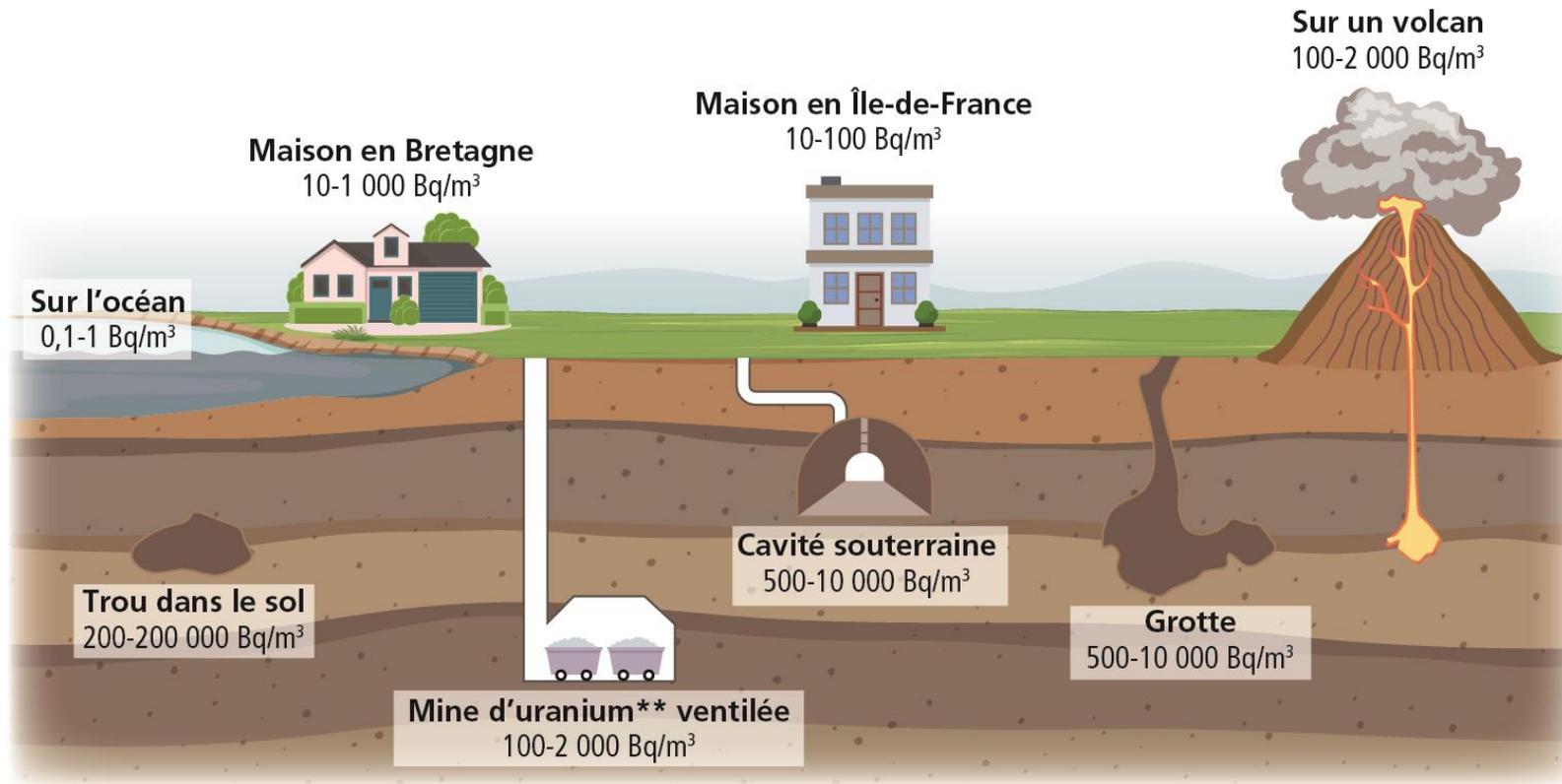
ORIGINE, CARACTÉRISTIQUES ET RISQUES ASSOCIÉS

- Le radon (radon-222) est un gaz radioactif naturel
- Il est issu de la décroissance radioactive du radium présent dans le sol
- Il est inerte chimiquement, inodore, incolore
- Le radon et ses descendants à vie courte sont émetteurs de particules α (-> toxicité particulière)
- C'est un cancérigène pulmonaire après inhalation pendant plusieurs années, juste derrière le tabac
- Il est présent partout dans notre environnement, en concentration variable
- Il peut s'accumuler dans les espaces confinés (bâtiments, lieux souterrains...)
- La réglementation en place vise à protéger le public et les travailleurs



ORDRES DE GRANDEUR DANS NOTRE ENVIRONNEMENT

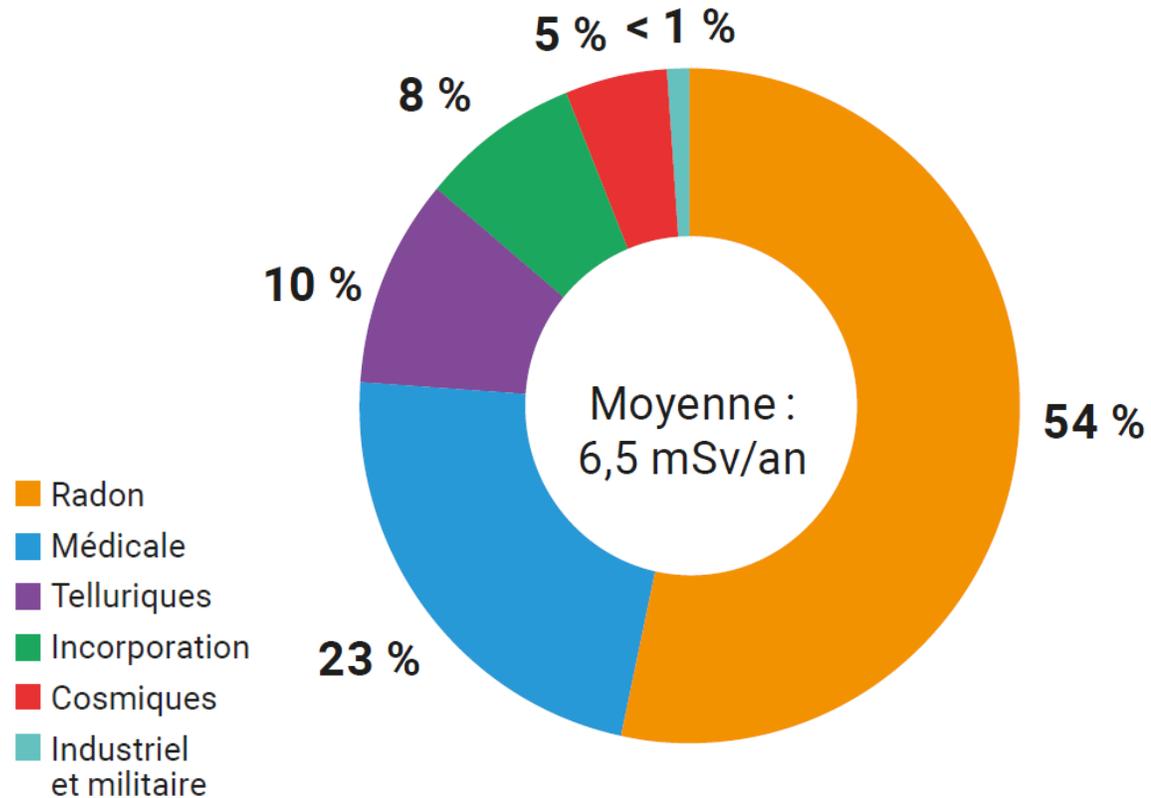
La concentration en radon varie selon les lieux



* Le radon géogénique est généré directement par les roches du sol. ** Pas d'exploitation en France.

© Art Presse/ABG Communication/Médiathèque IRSN/Magazine Repères

BILAN DE L'EXPOSITION MOYENNE DE LA POPULATION FRANÇAISE EN 2020



Bilan IRSN 2020 avec prise en compte du coefficient de dose radon CIPR137 (2017).

(Source : Rapport IRSN /2021-00108 de juin 2021)

2

UN PEU D'HISTOIRE

UN PEU D'HISTOIRE : LE MAL DES MINEURS

- XVs. AP Schneevogel rapporte des “maladies des poumons” dans les mines de métaux de Saxe et de Bohême
- 1530 Paracelse décrit la *mala metallorum*
- 1879 Caractère cancéreux de l'affection (lymphosarcome), attribué aux métaux (Co, Ni, Si). 75% des mineurs étaient atteints
- 1898 Découverte du radium (Pierre et Marie CURIE) et du “gaz” émis par le radium
- 1904 Premiers travaux sur la radiotoxicité du radon (et utilisation thérapeutique !)
- 1924 Ludewig et Lorensen établirent une corrélation étroite entre la présence du radon dans les mines de Saxe et de Bohême et la fréquence du cancer chez les mineurs (définitivement reconnu comme un carcinome)
- 1940 Rajewsky établit un lien entre l'inhalation de particules radioactives et le taux de cancers
- Fin des 50s Mise en oeuvre de la radioprotection dans les mines d'uranium en France (1^{ère} réglementation en 1958)



UN PEU D'HISTOIRE : LE MAL DES MINEURS

Mise en place d'études épidémiologiques sur les mineurs d'uranium

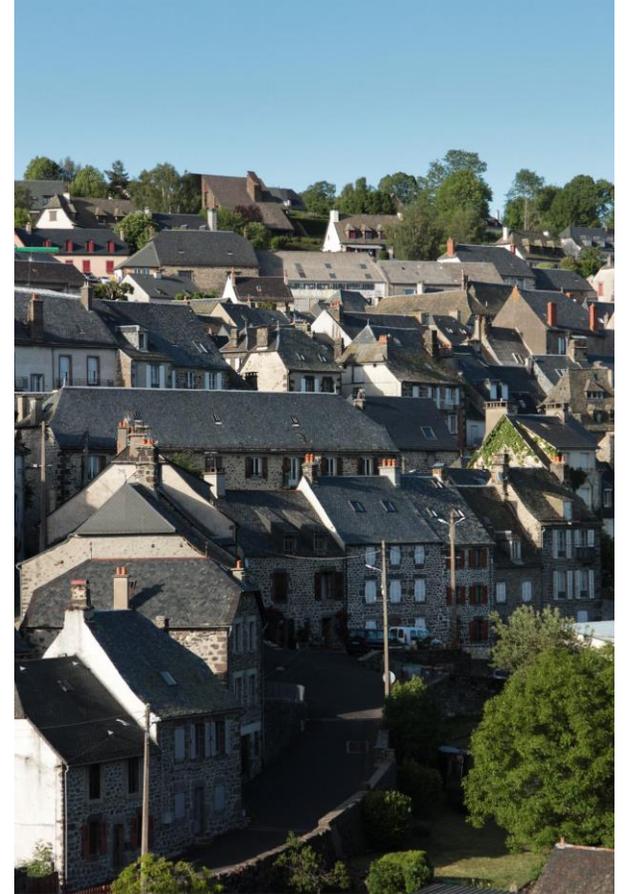
- ❑ A partir des années 60
- ❑ Travailleurs ayant fait l'objet d'un suivi dosimétrique individuel
- ❑ Suivi de la mortalité sur plusieurs décennies

 Excès de risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les mines

UN PEU D'HISTOIRE : ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES EN POPULATION GÉNÉRALE

- ❑ Études mises en place à partir des années 80
- ❑ Plus d'une trentaine d'études dans le monde (dont en France)
- ❑ Reconstruction de l'exposition domestique au radon (mesures dans les habitats des 20-30 dernières années)
- ❑ Questionnaires : reconstruction détaillée de l'historique tabagique et autres facteurs de risque de cancer du poumon

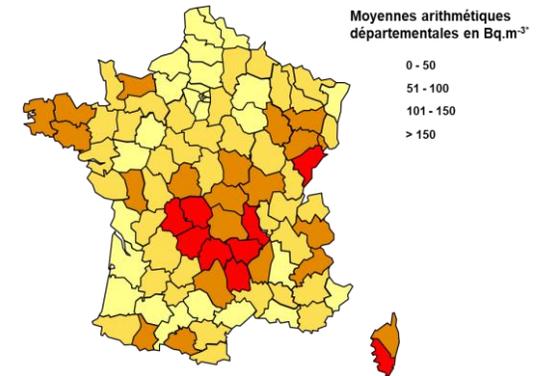
➔ **Excès de risque de cancer du poumon associé à l'exposition cumulée au radon dans les habitations**



Radon classé cancérogène certain par le CIRC en 1988

UN PEU D'HISTOIRE : LES PREMIÈRES CAMPAGNES DE MESURES EN FRANCE

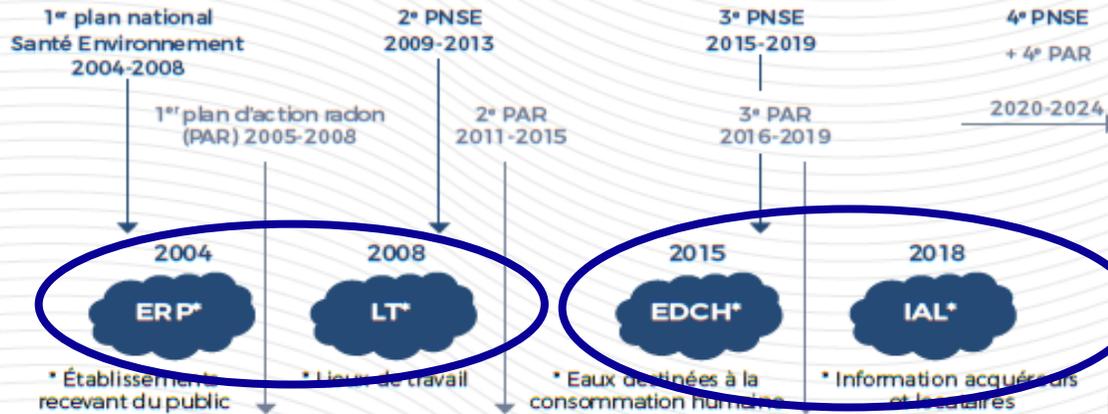
- Premières campagnes de mesures dans l'habitat à partir des années 80 :
Campagne nationale habitat DGS-IRSN jusqu'en 2000. >10 000 mesures
- Nombreuses campagnes de mesures dans l'habitat dans les territoires ensuite
- Mesures réglementaires dans les ERP puis dans les lieux de travail à partir du début des années 2000
- De nombreuses mesures encore réalisées chaque année dans l'habitat, les ERP, les lieux de travail



Campagne nationale habitat (Bilan 2000 – DGS-IRSN)



UN PEU D'HISTOIRE : LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE



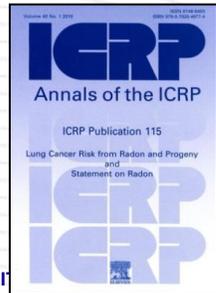
- **Arrêté du 26 février 2019** relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public
- **Décision n°2022-DC-0743** relative aux conditions d'agrément des organismes chargés des prestations de mesurage de l'activité volumique en radon
- **Décision n° 2022-DC-0744** relative aux objectifs, à la durée et au contenu des programmes de formation des personnes qui réalisent les mesurages de l'activité volumique en radon
- **Décision n° 2022-DC-0745** relative à la transmission des résultats des mesurages de l'activité volumique en radon réalisés dans les établissements recevant du public

Décret n° 2024-1238 du 30 décembre 2024 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants



- **Arrêté du 26 juin 2019** relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.
- **Arrêté du 30 juin 2021** relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon.
- **Arrêté du 16 novembre 2023** définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.
- **Arrêté du 15 mai 2024** relatif à la démarche de prévention du risque radon et à la mise en place d'une zone radon et des vérifications associées.

RELATIVES AU RISQUE RADON DOMESTIQUE



3

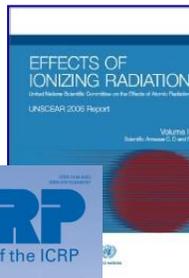
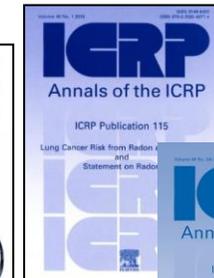
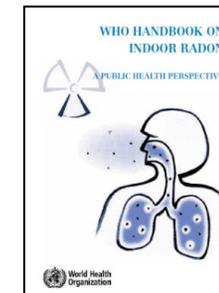
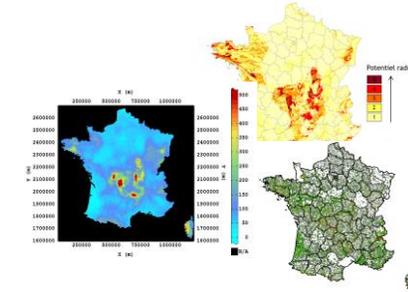
DE NOMBREUSES AVANCÉES ET DES TRAVAUX TOUJOURS EN COURS

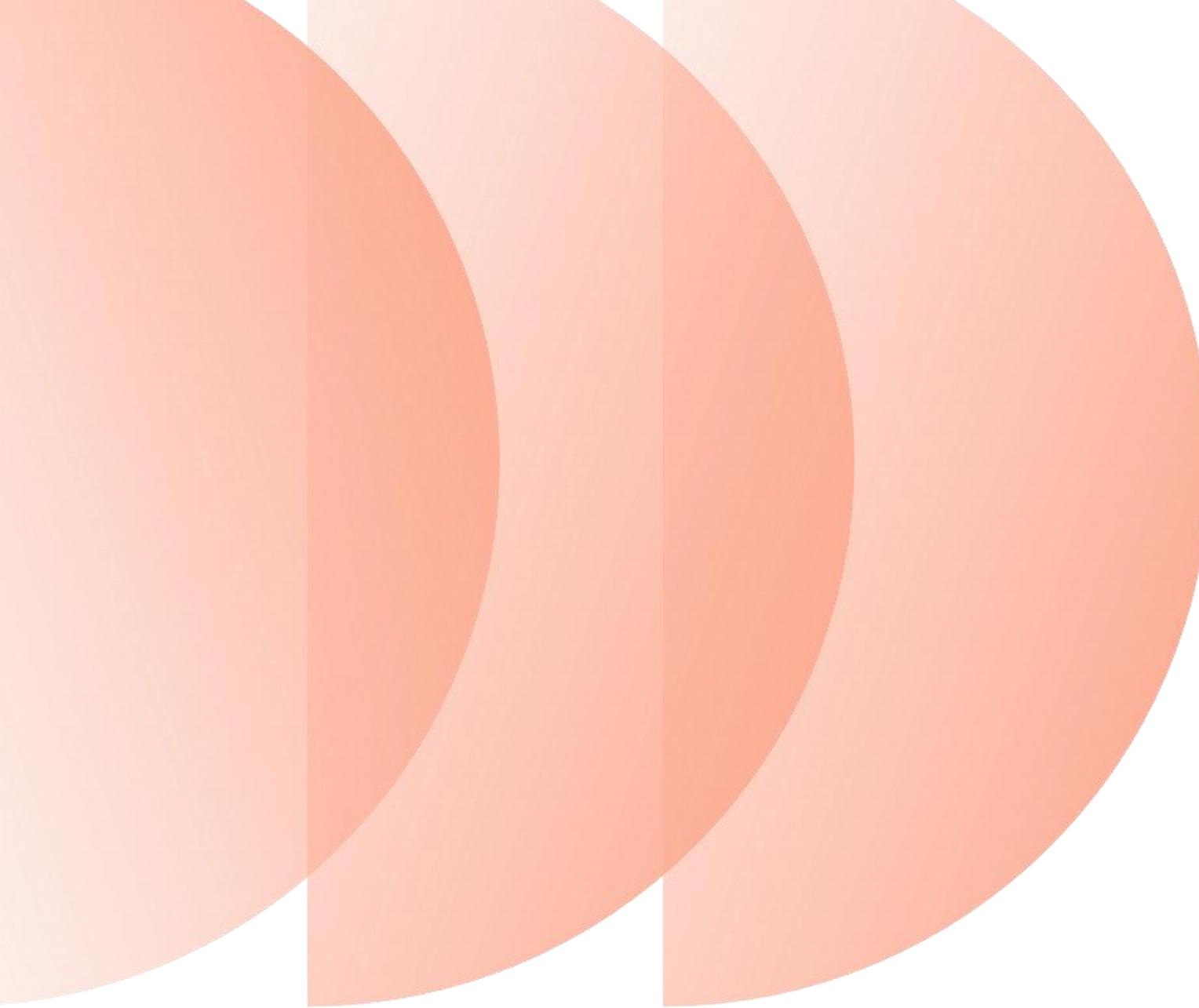
DE NOMBREUSES AVANCÉES TECHNIQUES

- Sur la **métrologie du radon et de ses descendants** : plusieurs normes ISO et NF, traçabilité (étalonnage primaire) et inter-comparaisons pour la mesure du radon en particulier, développement d'appareils de mesure
- Sur la **connaissance des concentrations de radon dans l'air intérieur sur le territoire** : campagnes de mesures notamment dans l'habitat et les ERP, premières synthèses de données
- Sur les **facteurs d'influence de la variabilité du radon dans l'environnement** (géologiques, météorologiques, relatifs au bâtiment...) et la connaissance des concentrations du radon dans l'environnement : **cartographie du potentiel radon**
- Sur les **actions préventives et correctives dans les bâtiments** : nombreuses études et retour d'expérience du terrain
- Sur le **risque sanitaire** : nombreuses études épidémiologiques avec une bonne cohérence des résultats mineurs et population générale, relation exposition-risque, quantification du risque relatif et de l'incidence, interaction tabac-radon
- Sur la **dose efficace due au radon et ses descendants dans l'air intérieur** : modèles biocinétiques, paramètres influençant le coefficient de dose dans certains lieux.



Bureau de Normalisation d'Equipements Nucléaires
par délégation d'AFNOR





3

**DES CONNAISSANCES QUI
RESTENT À ACQUÉRIR**

DES ÉTUDES ET RECHERCHES QUI RESTENT À MENER

1/ Sur la métrologie

Qualité de la mesure, étalonnage et traçabilité : disposer d'un étalon primaire accrédité pour la mesure des descendants du radon (y compris fraction libre/attachée), du thoron et de ses descendants

Etudes et REX/Intercomparaison sur les performances d'appareils électroniques de mesure du radon : nombreux nouveaux appareils sur le marché pour la mesure en continu de l'activité volumique du radon

Mesure des descendants du radon : adaptabilité des appareils aux différentes situations d'exposition et d'utilisation (bâtiment, lieux souterrains, atmosphère), inter-comparaisons des appareils, peu d'appareils pour la mesure de la fraction libre

Granulométrie des descendants du radon : aucun appareil actuellement disponible pour cette mesure, modélisation en alternative

Méthode et techniques pour le suivi de la dose individuelle : inter-comparaison des appareils sur le marché, tests de terrain des appareils dans différentes situations d'utilisation et dans différents lieux

DES ÉTUDES ET RECHERCHES QUI RESTENT À MENER

2/ Sur les connaissances et l'exploitation des données d'exposition dans différents lieux

Dans certains lieux de travail notamment souterrains : concentration et variabilité du radon et surtout de ses descendants

Dans l'air intérieur pour l'évaluation de l'exposition de la population :

- Travail conséquent de collecte et de consolidation des données (difficultés liées à l'hétérogénéité des formats des données et à leur accès, nombreux acteurs/producteurs de données)
- Exploitation à l'échelle nationale de données plus récentes: méthodes, incertitudes, perspectives d'amélioration
- Mise à disposition d'informations sur l'exposition au radon dans l'air intérieur sur le territoire (plateforme web)

Etudes sur le potentiel radon : étude de certains facteurs géologiques (régions karstiques...), croisement avec données de mesures récentes, pour précision et évolution éventuelle de la carte dans certaines régions

Air extérieur : concentration et variabilité du radon et surtout de ses descendants

DES ÉTUDES ET RECHERCHES QUI RESTENT À MENER

3/ Sur l'évaluation du risque sanitaire

Risque lié à l'exposition au radon pendant l'enfance : peu d'informations

Lien entre l'exposition au radon et d'autres pathologies que le cancer du poumon : leucémies infantiles, autres cancers...

Amélioration de la connaissance sur la synergie radon-tabac : relation et amélioration des modèles actuels

Multi-expositions environnementales : radon + autres polluants de l'air, radon + autres facteurs de risque du cancer

Biomarqueurs : recherches sur la caractérisation moléculaire et pathologique du cancer du poumon du à l'exposition au radon (expérimentations animales)

DES ÉTUDES ET RECHERCHES QUI RESTENT À MENER

4/ sur le calcul de la dose efficace due au radon et à ses descendants

Sur les données nécessaires aux modèles biocinétiques :

Mise à jour des données en 2017 (ICRP Publication 137, 2017)

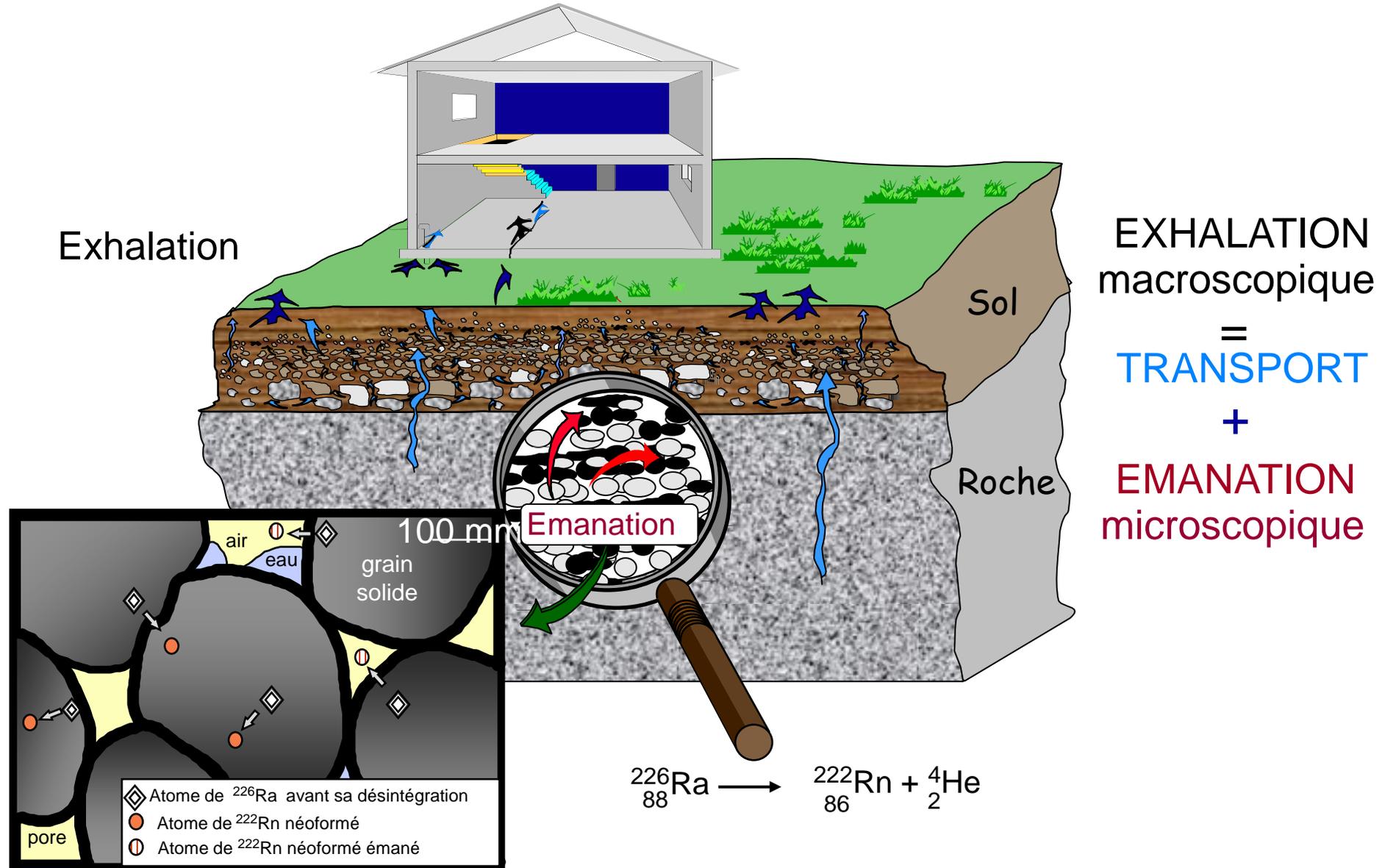
Sur les données nécessaires aux calculs dosimétriques

- localisation des cellules cibles
- distribution granulométrique des descendants du radon,
- fractions libre/attachée des descendants du radon
- Facteur d'équilibre, hygrométrie, densité des particules, facteur de forme, etc..

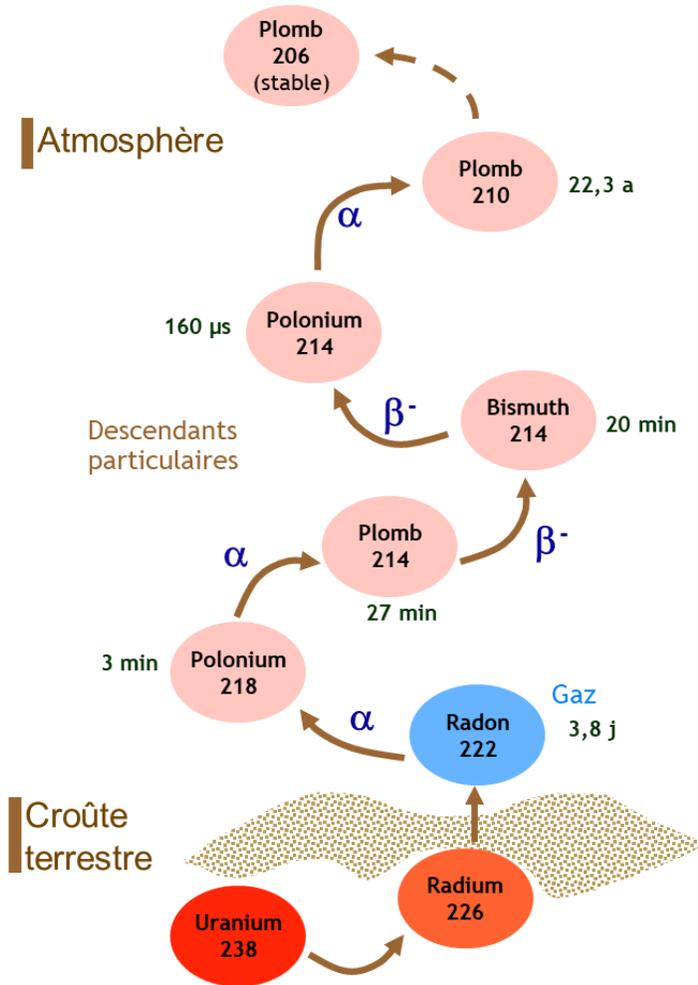
dans les lieux de travail spécifiques et pour l'atmosphère extérieure

MERCI DE VOTRE ATTENTION

ORIGINE DU RADON ET TRANSFERT LES BÂTIMENTS



LE RADON : SES ISOTOPES



Isotope	Famille radioactive	Importance relative dans le bilan radiologique	Période	Nom
^{219}Rn	^{235}U	négligeable	4 sec	Actinon
^{220}Rn	^{232}Th	4 %	56 sec	Thoron
^{222}Rn	^{238}U	50 %	3,8 jours	RADON

