

Le gaz naturel radioactif Radon

1. PRÉSENTATION DU CONTENU
2. FICHES DE LA THÉMATIQUE « SE PROTÉGER » (rouges)
3. FICHES DE LA THÉMATIQUE « CONNAÎTRE » (bleues)
4. COMPLÉMENTS (outils, expositions, etc.)



Présentation du contenu



Ce diaporama propose un aperçu des fiches thématiques sur le radon créées spécifiquement pour les élèves du second degré, et l'ensemble des ressources mobilisables permettant d'accompagner les enseignants dans la démarche de présentation du radon et de la radioactivité d'une manière globale.

Le **livret radon** est composé de 6 fiches réparties selon deux grandes catégories d'information :

- **Connaître le radon**

- Comment se forme le radon ?
- Où trouve-t-on le radon en France ?
- Comment détecter la présence du radon ?

- **Se protéger du radon**

- Pourquoi trouve-t-on du radon dans les bâtiments ?
- Quels sont les effets du radon sur la santé ?
- Quels sont les acteurs du radon sur la réglementation ?

Ces fiches sont disponibles au téléchargement de manière indépendante, ce qui confère une liberté à l'enseignant pour construire ses séances pédagogiques en fonction du niveau des élèves.

Chaque fiche est accompagnée d'un quiz adapté aux élèves à remplir directement sur le fichier PDF.

CONNAÎTRE LE RADON

- Comment se forme le radon ?
- Où trouve-t-on du radon en France ?
- Comment détecter la présence du radon ?

LA FORMATION DU RADON



Objectifs :

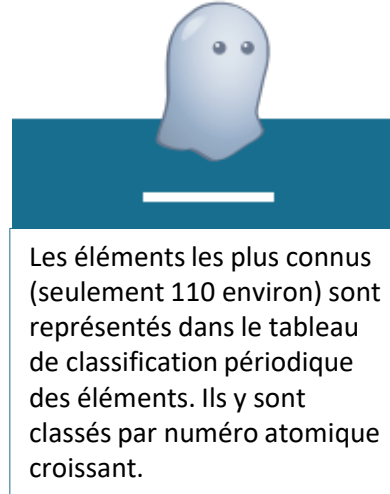
- Connaître l'origine du radon
- Connaître les propriétés physiques et chimiques du radon
- Acquérir les connaissances essentielles des phénomènes de rayonnement liés à la radioactivité du radon

Le radon, un gaz rare

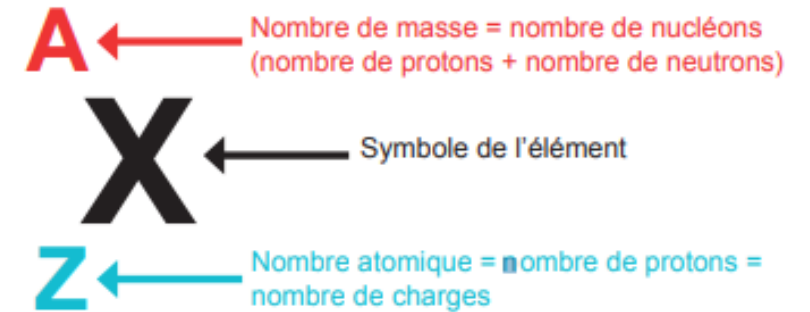
Doc 1. Propriétés physiques du radon

Le radon est un gaz naturel inerte chimiquement qui appartient à la famille des gaz nobles plus couramment appelés gaz rares comme l'hélium, le néon, etc. Comme tous les gaz rares, le radon est inodore, incolore et sans saveur. Il est soluble dans l'eau.

Sa densité est 7,5 fois celle de l'air ce qui en fait l'un des gaz les plus denses. Il est brassé dans l'air ambiant et se répartit donc de manière homogène dans une pièce.



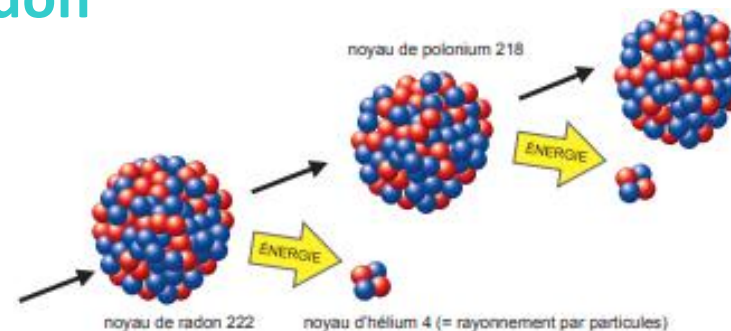
Doc 2. Représentation symbolique du noyau de l'atome



Le radon, un gaz radioactif

Doc 3. Propriétés radioactives du radon

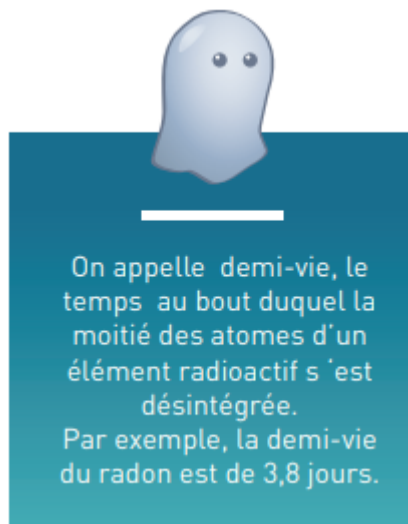
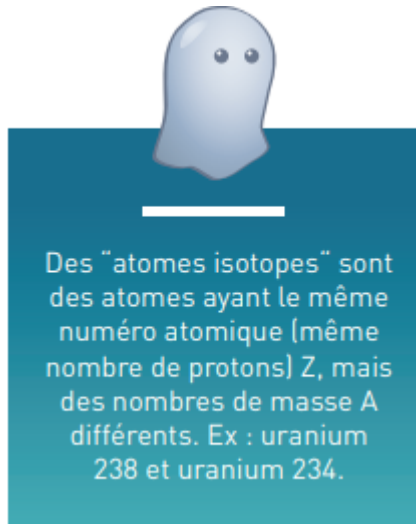
Le radon est un gaz radioactif naturel qui se désintègre spontanément pour devenir un autre élément lui aussi radioactif [le polonium 218]. Lors de cette désintégration un noyau d'hélium est projeté avec beaucoup d'énergie (rayonnement alpha).



Doc 4. La chaîne de désintégration de l'uranium 238

Comme le radon, certains éléments sont dits radioactifs parce que leurs noyaux sont instables. Ceux-ci se désintègrent spontanément en se transformant en un autre élément chimique qui peut être radioactif ou stable et en émettant des rayonnements ionisants. Ceux-ci peuvent être soit une émission de particules alpha (α) et bêta (β) soit un rayonnement électromagnétique gamma (γ) de même nature que la lumière. Tous ces rayonnements propagent de l'énergie.

Par exemple l'uranium 238 est à l'origine d'une chaîne de désintégration appelée aussi désintégration en cascade, ou chaîne radioactive, ou encore filiation radioactive.



Radio-isotope	Rayonnements	Demi-vie ordre de grandeur
Uranium 238	α	4,5 milliards d'années
Thorium 234	β et γ	24 jours
Protactinium 234m	β et γ	6,7 heures
Uranium 234	α et γ	240 000 années
Thorium 230	α et γ	75 000 années
Radium 226	α et γ	1 600 années
Radon 222	α	3,8 jours
Polonium 218	α	3,1 minutes
Plomb 214	β et γ	27 minutes
Bismuth 214	β et γ	20 minutes
Polonium 214	α	0,16 milliseconde (10^{-3} s)
Plomb 210	β et γ	22,3 années
Bismuth 210	β et γ	5 jours
Polonium 210	α	138,5 jours
Plomb 206	stable	

Légende :

- état gazeux
- état solide

Questions :



Doc 1.

- a) Quelles sont les propriétés physiques du radon qui rendent sa détection difficile ?

Doc 2.

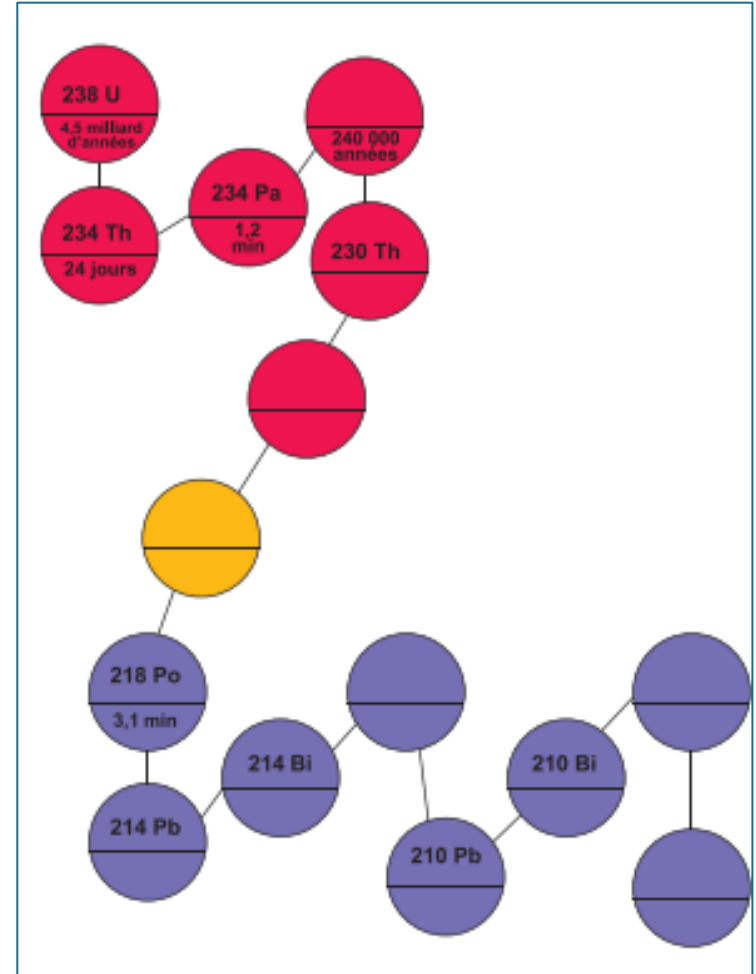
- a) Trouvez le radon dans le tableau périodique des éléments (tableau de Mendeleïev). Écrivez sa représentation symbolique en précisant son numéro atomique et son nombre de masse.

Doc 3.

- a) En vous inspirant de ce document, représentez et expliquez la désintégration du radium 226 et du polonium 210.
b) En vous aidant du tableau périodique des éléments, trouvez le nom du troisième élément représenté sur le schéma.

Doc 4.

- a) Complétez le schéma ci-contre à partir des informations de ce tableau.
b) Quel est l'élément à l'origine de cette chaîne de désintégration ? Quelle est sa demi-vie ? Quelle conséquence cette durée de demi-vie a-t-elle sur la présence du radon dans l'air ambiant ?
c) Combien faut-il de descendants radioactifs à l'uranium 238 pour aboutir au plomb 206 non radioactif (stable) ?
d) Expliquez d'où vient la différence de nombre de masse entre l'uranium 238 et le plomb 206 ?



LE RADON EN FRANCE



Objectifs :

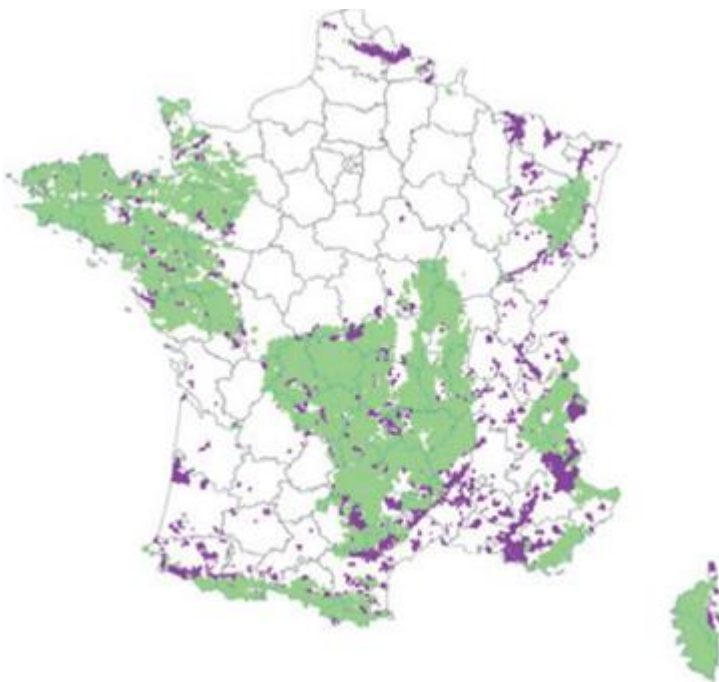
- Connaître en France les zones géographiques les plus exposées au radon
- Identifier les relations entre l'activité volumique du radon en France et les caractéristiques géologiques de son sous-sol

Le radon en France

Le radon est issu de la désintégration de l'uranium présent dans la croûte terrestre. Nous le trouvons partout à la surface de la terre, dans le sol et le sous-sol. Il est en plus forte concentration dans les roches granitiques, par exemple.

Doc 1. Carte du potentiel radon en relation avec des formations géologiques et certaines caractéristiques du sous-sol (source ASN et IRSN 2010)

Le territoire national est divisé en trois zones à potentiel radon définies en fonction de la capacité du sol à émettre du radon.



Zone 1 : Zones à potentiel radon **faible**



Localisées sur les formations géologiques présentant des teneurs en uranium les plus faibles telles que les formations calcaires, sableuses et argileuses des grands bassins sédimentaires et des formations volcaniques basaltiques.

Zone 2 : Zones à potentiel radon **faible** localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles **mais** sur lesquelles des **facteurs géologiques particuliers** (failles, ouvrages miniers souterrains ou sites hydrothermaux) peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments.



Zone 3 : Zones à potentiel radon **significatif**

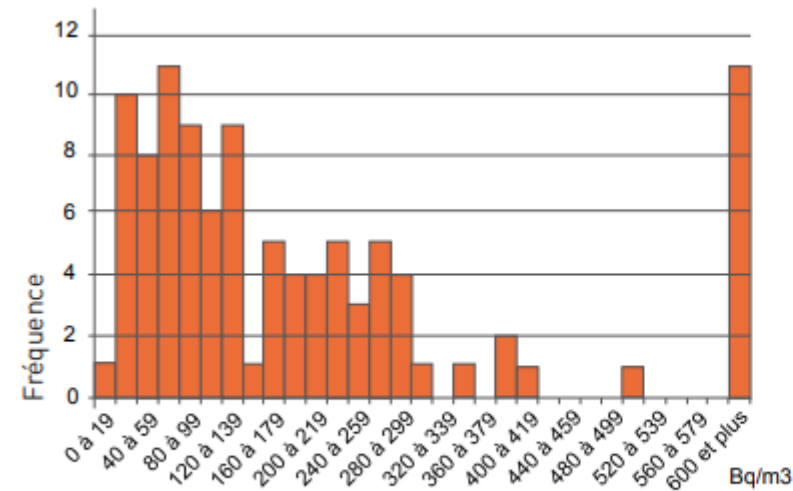


Localisées au moins en partie sur des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations. Les formations concernées sont majoritairement granitiques mais peuvent aussi concerner certaines formations volcaniques et également certains grès et schistes noirs.

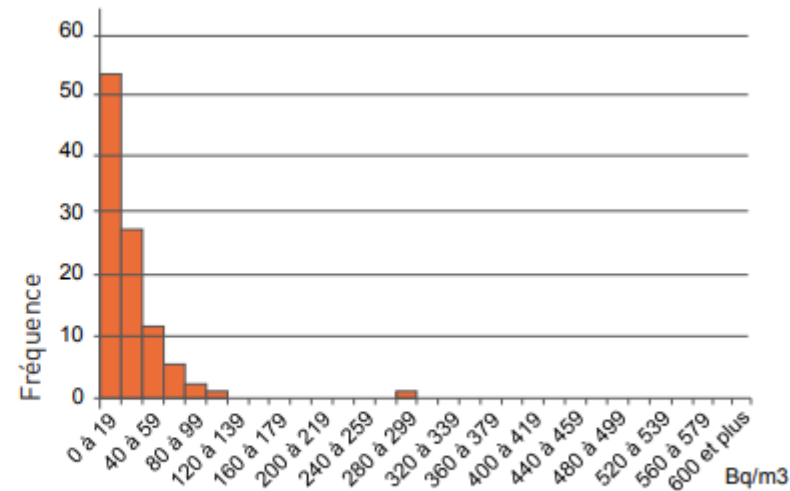
Exemples d'activités volumiques du radon

Doc 2. Distribution des activités volumiques du radon dans les habitations de deux départements français (Atlas du radon, IRSN 2000)

Distribution de l'activité volumique du radon dans le département de la Lozère sur 158 mesures (de très nombreuses communes sont en zone de potentiel radon 3)



Distribution de l'activité volumique du radon dans le département des Landes sur 102 mesures (la plupart des communes sont en zones à potentiel radon 1)



Pour connaître le potentiel radon d'une commune, consultez les sites de l'ASN www.asn.fr ou de l'IRSN www.irsn.fr.

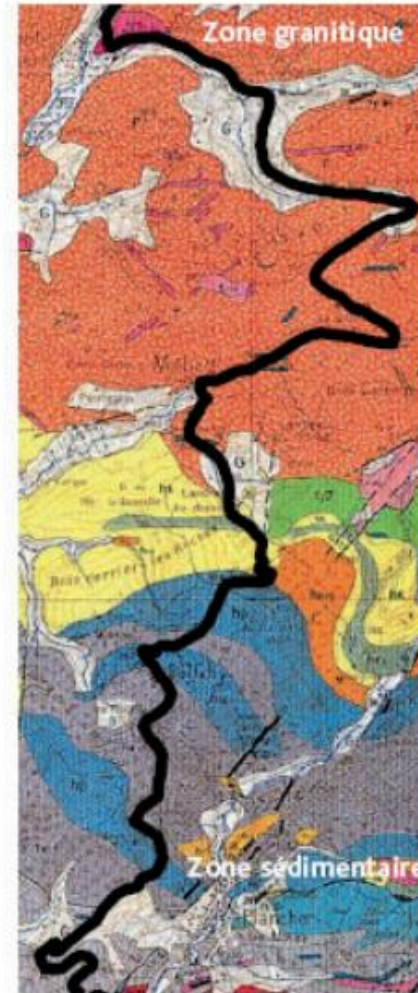
Fréquence : nombre d'observations d'un événement

Doc 3. L'activité volumique du radon dans l'air le long d'un tronçon de route de la Haute-Saône d'une vingtaine de km (IRSN)



L'ASN et l'IRSN ont réalisé une carte qui permet d'évaluer le potentiel radon de chaque commune française : www.irsn.fr/carte-radon

4a



4b



Questions :



Doc 1.

a) D'après ce document, quels sont les principaux paramètres qui influent sur la concentration en radon ?

Doc 2.

- a) Les deux départements sont-ils concernés par le radon ?
- b) Dans lequel le risque est-il le plus fort ? Cela signifie-t-il pour autant qu'il n'y a aucun risque dans le département le moins concerné ? Justifiez les réponses.

Doc 3.

a) Quelle relation entre la nature du sous-sol et la concentration du radon montrent ces cartes ?

DÉTECTER LA PRÉSENCE DU RADON



Objectifs :

- Connaître le fonctionnement d'un dispositif passif de mesure intégrée du radon
- Savoir que l'activité volumique du radon évolue dans le temps et dans l'espace
- Analyser et interpréter les résultats d'un dépistage de radon

Fonctionnement d'un dispositif passif de mesure intégrée du radon

Des appareils permettent de mesurer le radon présent dans l'air ambiant. La détection est réalisée grâce à un film en polymère spécialement traité sur lequel chaque impact de particule alpha (α) laisse une trace microscopique. Le nombre d'impacts et la durée de la mesure permettent de quantifier l'activité volumique du radon.

Doc 1. Exemples de dispositifs de mesure

de type fermé



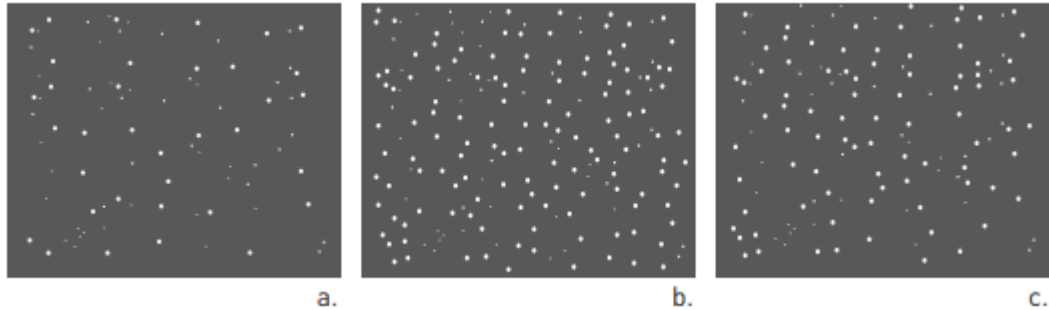
Crédit photo : Dosirad

de type ouvert



L'activité volumique d'une substance radioactive permet de connaître la quantité de cette substance dans un volume d'air. Elle se mesure en becquerel par mètre cube (Bq/m^3). Exemple : une activité volumique de radon 222 égale à $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$ signifie que plus de 194 millions d'atomes de radon 222 sont contenus dans 1 m^3 d'air.

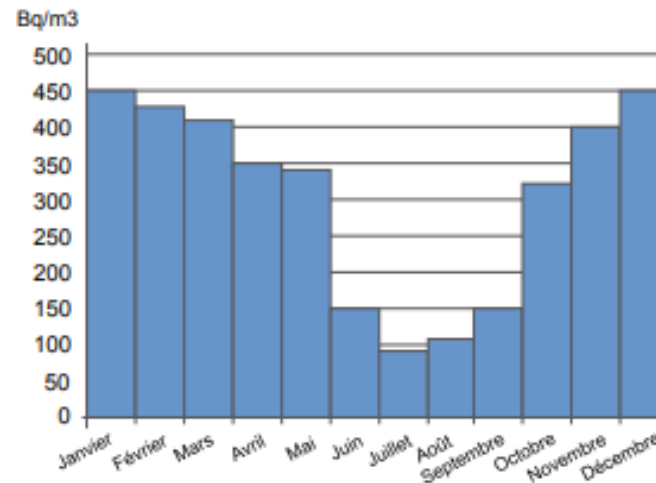
Doc 2. Résultats de trois mesures de radon sur une même durée, en trois endroits différents



- Il existe différentes sortes de mesures de l'activité volumique du radon :
- Des mesures sur plusieurs mois pour obtenir une valeur représentative de la valeur moyenne annuelle
 - Des mesures ponctuelles sur quelques secondes ou minutes qui donnent une « photographie » à un moment donné
 - Des mesures en continu permettant de suivre l'évolution de la concentration de radon en fonction du temps.

Résultats et conseils d'utilisation

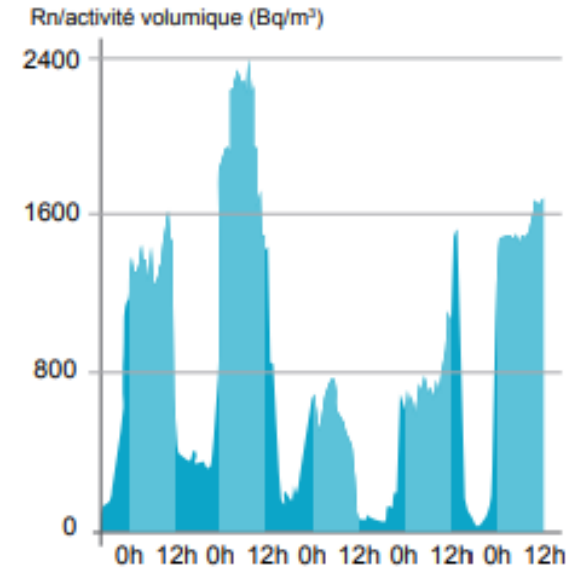
Doc 3. Exemple de variation de l'activité volumique mensuelle du radon sur une année dans un bâtiment





On mesure l'activité volumique du radon dans les lieux de vie car l'inhalation prolongée de ce gaz radioactif peut être à l'origine de cancers du poumon.

Doc 4. Exemple de variation de l'activité volumique en radon sur quelques jours dans un bâtiment



Doc 5. Remarques et conseils extraits du mode d'emploi d'un dispositif passif de mesure intégrée

La mesure du radon dans une habitation est simple à réaliser.

Voici les conseils à suivre :

- Procurez-vous un dispositif de mesure auprès d'un fournisseur figurant sur www.asn.fr
- Placez-le dans les pièces aux niveaux les plus bas occupés (séjour et chambre de préférence)
- Laissez-le pendant au moins 2 mois en période de chauffe (mi-septembre à fin avril)
- Le dispositif de mesure ne doit pas être posé sur ou à proximité :
 - d'une source de chaleur (radiateur, cheminée, appareil électrique, télévision, lumière solaire directe, etc.)
 - d'un point d'alimentation en eau (risque d'aspersion) ou d'un point de condensation
 - d'une source de projection de graisse
- Ne pas toucher, ni nettoyer, ni déplacer le dispositif pendant la période de mesure.

Questions :



Doc 2.

a) Quel est le film qui a été le plus exposé aux particules alpha (α) ? Quelles conclusions tirez-vous de ces résultats ?

Doc 3.

- a) Quelle est la période de l'année la plus judicieuse pour utiliser un dispositif passif de mesure intégrée du radon ?
b) Proposez une hypothèse pour expliquer les variations d'activités volumiques annuelles du radon.

Doc 4.

a) Comment évolue l'activité volumique journalière du radon dans un bâtiment ? Comment expliquer ces résultats ?

Doc 5.

- a) Justifiez les recommandations 3 et 4.
b) Quelles seraient les pièces où il serait pertinent de poser un dosimètre pour les bâtiments suivants :
- Un établissement scolaire
 - Un internat
 - Une habitation
 - Une entreprise

SE PROTÉGER DU RADON

- ❑ Pourquoi trouve-t-on du radon dans les bâtiments ?
- ❑ Quels sont les effets du radon sur la santé ?
- ❑ Quels sont les acteurs de la gestion du radon ?

LES ACTEURS DE LA GESTION DU RADON



Objectifs :

- Connaître le rôle des principales institutions qui, en France, ont pour missions la connaissance et la gestion du risque radon
- Identifier les actions possibles des citoyens pour améliorer la prise en compte du risque radon dans leurs lieux de vie

Les acteurs

Doc 1.

En France, plusieurs institutions et organismes s'occupent du risque radon. Leur but est notamment d'améliorer la protection et la prévention des effets de cet élément radioactif et de ses descendants :

Au niveau national :

- L'Assemblée nationale et le Sénat
- Les ministères chargés de l'environnement, de la santé, du logement et du travail
- L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
- L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- Le centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
- Le centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)

Au niveau régional, départemental et local :

Pour les travailleurs :

- Les employeurs et les services de santé au travail
- La direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE)

Pour le public fréquentant les établissements recevant du public soumis à la gestion du radon :

- Les propriétaires et exploitants de certains établissements recevant du public : collectivités territoriales (conseils régionaux, conseils départementaux, mairies, directeurs des établissements sanitaires et médico-sociaux, administrations pénitentiaires, etc.)
- La préfecture
- La direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement (DREAL)
- L'agence régionale de santé (ARS)



En France, en application des recommandations d'organismes internationaux, le risque lié au radon est géré nationalement et localement.

Doc.2 Le rôle du citoyen

Il est **important** que ces informations **atteignent le plus grand nombre de personnes**, en particulier celles qui vivent dans des endroits où l'activité volumique du radon est élevée.

Mieux informées sur l'origine de ce gaz radioactif et de ses descendants, les personnes concernées seront plus à même de s'en **protéger** en mettant en place des **actions pour réduire** la concentration dans leur **habitation et leur lieu de travail**.



Questions :



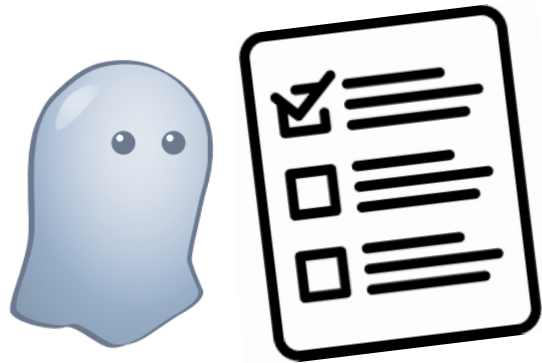
Doc 1.

- a) Réalisez un tableau des acteurs et de leur rôle.

Doc 2.

- a) Réalisez une affiche d'information sur le radon et les actions de prévention et de protection possibles.
- b) Réalisez un exposé pour informer le public sur le radon, ses propriétés, ses effets sur la santé et les mesures de prévention et de protection possibles.
- c) Proposez un jeu de rôle avec un conférencier qui présente l'origine du radon, ses propriétés, les risques pour la santé et les actions à réaliser pour en atténuer les effets. Cette présentation aura pour cibles : des élus de collectivités, un chef d'établissement, les habitants d'une commune où un niveau élevé d'activité volumique du radon a été détecté.
- d) Réalisez un sondage auprès des autres élèves de l'établissement et des familles pour évaluer la perception du risque radon et leur connaissance des moyens de se protéger. Les résultats feront l'objet d'une présentation en classe.

LA RÉGLEMENTATION SUR LE RADON



Objectif :

- Connaître quelques textes réglementaires qui visent à réduire le risque radon

Les actions pour réduire les effets du radon

Le radon présente un **risque sanitaire**. Depuis une vingtaine d'années plusieurs réglementations et plans visent à réduire ce risque.

Parmi les facteurs influençant les niveaux de concentration en radon mesurés dans les bâtiments, la teneur en uranium 238 (« ascendant » du radon) des terrains sous-jacents, est l'un des plus déterminants. Le territoire est divisé en trois zones selon la capacité du sol à émettre du radon :

- ❑ **Zone 1** : risque **faible**, qui correspond à des sols calcaires, sableux, argileux ou volcaniques basaltiques
- ❑ **Zone 2** : risque **faible mais** avec des facteurs géologiques particuliers qui peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments
- ❑ **Zone 3** : risque **significatif**, qui correspond à des sols granitiques, certains volcans et certains grès et schistes noirs.

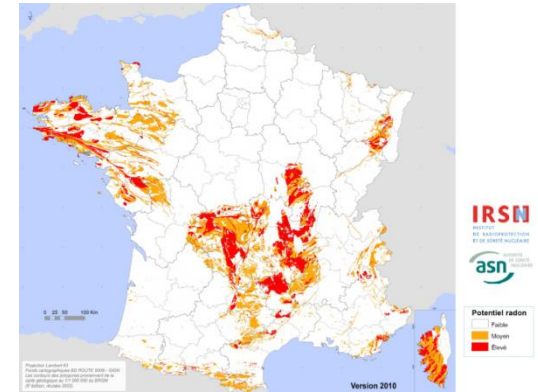


Figure 1 : Carte du potentiel radon des formations géologiques à l'échelle 1:1 000 000, version 2010

Toutefois, ce zonage ne permet pas à lui seul de connaître le niveau de radon dans un bâtiment ou l'exposition des personnes au radon, ce **niveau étant tributaire d'autres facteurs** que sont les caractéristiques de construction et les modes d'occupation des habitants. Il constitue plutôt un **indicateur de la probabilité de mesurer** une concentration élevée de radon à l'intérieur des bâtiments. Ainsi, en zone 3, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que sur le reste du territoire. Néanmoins, des concentrations élevées peuvent également être mesurées dans les zones à plus faible potentiel radon.

Doc 1. Réduire l'exposition au domicile

C'est un **objectif important** car le temps d'exposition au radon est, souvent, plus long au domicile que dans les autres lieux de vie.

Résumé des textes réglementaires sur le radon :

Un niveau de référence a été fixé à 300 Bq/m³ en moyenne annuelle pour l'air intérieur dans tout type de bâtiment. Cependant, il ne s'agit pas d'une limite réglementaire mais un niveau dit de référence au-dessus duquel il est jugé utile de protéger les personnes.

Or, la majorité des décès attribuables au radon est liée à une exposition à des niveaux faibles de radon en raison de la très forte proportion de la population habitant dans des zones à faible risque d'émission de radon. C'est pourquoi, les actions ne doivent pas se concentrer exclusivement sur les communes présentant un potentiel radon significatif. L'objectif est de réduire la moyenne des concentrations de radon sur l'ensemble du territoire. De plus, le radon est considéré comme un polluant de l'air intérieur. Sa gestion doit se rapprocher des politiques d'amélioration de la QAI (qualité de l'air intérieur).

Réglementation pour le public

La réglementation n'impose pas la réalisation d'un mesurage du radon dans l'air intérieur des habitations. Il appartient donc à chaque propriétaire ou locataire de s'informer et de procéder à un mesurage s'il estime que son habitat est susceptible de dépasser le niveau de référence. Toutefois les pouvoirs publics recommandent la réalisation d'un tel mesurage pour les biens situés en zone 3. Le ministère de l'écologie a publié une fiche¹, qui comporte des conseils pour poser soi-même des dispositifs passifs de mesure intégrée du radon.

Des recommandations sanitaires ont été publiées par le ministère de la santé en vue de prévenir l'exposition de la population au radon et les risques associés à cette exposition. Les mesures à prendre sont détaillées en fonction de la concentration mesurée. Une recommandation spécifique s'adresse aux fumeurs et anciens fumeurs car l'association tabac-radon augmente fortement le risque de cancer du poumon.

Une obligation d'information est prévue pour les acquéreurs et locataires de biens immobiliers situés dans des communes à potentiel radon de niveau 3. Le formulaire « état des risques et pollution » qui leur est fourni intègre cette information.

Réglementation pour les travailleurs

[Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants]

L'employeur doit obligatoirement intégrer le radon dans son analyse des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs. La démarche d'évaluation de ce risque doit d'abord se fonder sur des données documentaires, notamment la cartographie des zones à potentiel radon, la présence de lieux de travail en sous-sol ou en rez-de-chaussée et des résultats de mesurages déjà réalisés. En cas de doute quant à la possibilité de dépasser le niveau de référence de 300 Bq/m³ dans le lieu de travail, l'employeur réalise des mesurages radon. Si les résultats montrent que le niveau de référence est dépassé, l'employeur doit mettre en place des actions destinées à réduire l'activité volumique en radon : amélioration de l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des points d'entrée du radon et renouvellement d'air des locaux. Si ces actions se révèlent inefficaces, il doit mettre en place un dispositif de protection renforcée des travailleurs.

Réglementation pour le public fréquentant certains établissements

[Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire]

Les établissements recevant du public soumis à la réglementation sur la gestion du radon sont :

- Les établissements d'enseignement y compris les bâtiments d'internat
- Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans
- Les établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux avec capacité d'hébergement
- Les établissements thermaux
- Les établissements pénitentiaires

Le propriétaire ou l'exploitant d'un établissement recevant du public soumis à la réglementation sur la gestion du radon fait procéder au mesurage de l'activité volumique en radon :

- Dans les zones 3
- Dans les zones 1 et 2, lorsque les résultats de mesurage existants dans ces établissements dépassent 300 Bq/m³

Lorsque le résultat du mesurage dépasse le niveau de référence de 300 Bq/m³, des actions correctives proportionnées au dépassement doivent être mises en place.

Le résultat doit être affiché à l'entrée de l'établissement.

Doc 2. Les actions pour la gestion du risque lié au radon sont structurées dans un plan national

Le plan national d'action s'inscrit dans un contexte plus général :

- ❑ La **stratégie nationale de santé publique** 2018-2022 dont l'une des actions vise à réduire l'exposition à des conditions d'habitat indignes et aux pollutions intérieures. Cette **action vise explicitement les effets du radon dans l'habitat** : « *au-delà de l'insalubrité, il s'agit de promouvoir les conditions d'un habitat favorable à la santé et de réduire les effets des expositions dans l'habitat (pollution chimique, radon, etc.).* »
- ❑ Le quatrième **plan national santé-environnement** (PNSE) de 2020 à 2024 dont un grand nombre d'actions portent sur la qualité de l'air intérieur. Le plan radon constitue un **plan sectoriel** du PNSE.

Le 4^e plan national d'action français relatif à la gestion du risque lié au radon couvre la période 2020-2024. Piloté par l'ASN pour sensibiliser et informer l'ensemble des acteurs ainsi que pour améliorer les connaissances et mieux prendre en compte la gestion du risque dans les bâtiments, **13 actions prioritaires y ont été définies**. Plusieurs administrations telles que la DGS, DGT, DGPR et DHUP ainsi que l'IRSN ont été associés à sa rédaction.

Questions :



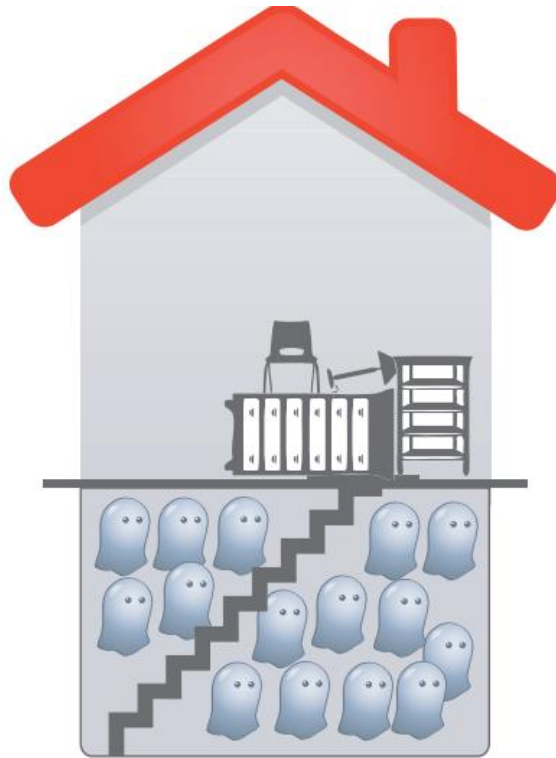
Doc 1.

- a) A ce jour, dans quel type de bâtiment est-il obligatoire de réaliser des mesures de radon ?
- b) A ce jour, cette obligation s'applique t-elle à toute la France ?
- c) Complétez ce tableau :

Concentration en radon dans l'air intérieur	Actions recommandées dans l'habitat
Inférieure à 300 Bq/m ³	
Entre 300 Bq/m ³ et 1 000 Bq/m ³	
Supérieure à 1 000 Bq/m ³	

- d) Expliquez pourquoi le risque radon est inscrit dans les plans nationaux « santé-environnement » et « cancer ». Pourquoi est-ce important ?

LE RADON DANS LES BÂTIMENTS



Objectifs :

- Identifier les mécanismes de diffusion et d'accumulation du radon dans les bâtiments et les lieux de vie
- Connaître les actions à mener pour réduire l'activité volumique du radon

Les voies de transfert du radon

Le radon se **propage** à travers les roches du sous-sol par **diffusion** ou sous l'effet des différences de **pression**.

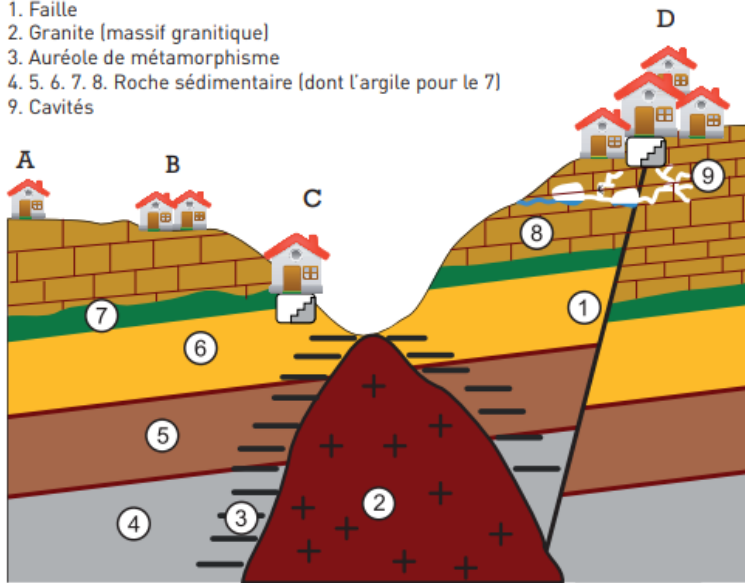
La **demi-vie** du radon étant courte (3,8 jours), plus sa circulation dans le sous-sol est facilitée, plus il sera présent en surface. La nature du sol (perméabilités, fissures, failles, grottes) comme la présence de cavités créées par l'homme (mines, forages, etc.) sont autant d'éléments qui accélèrent son transport.



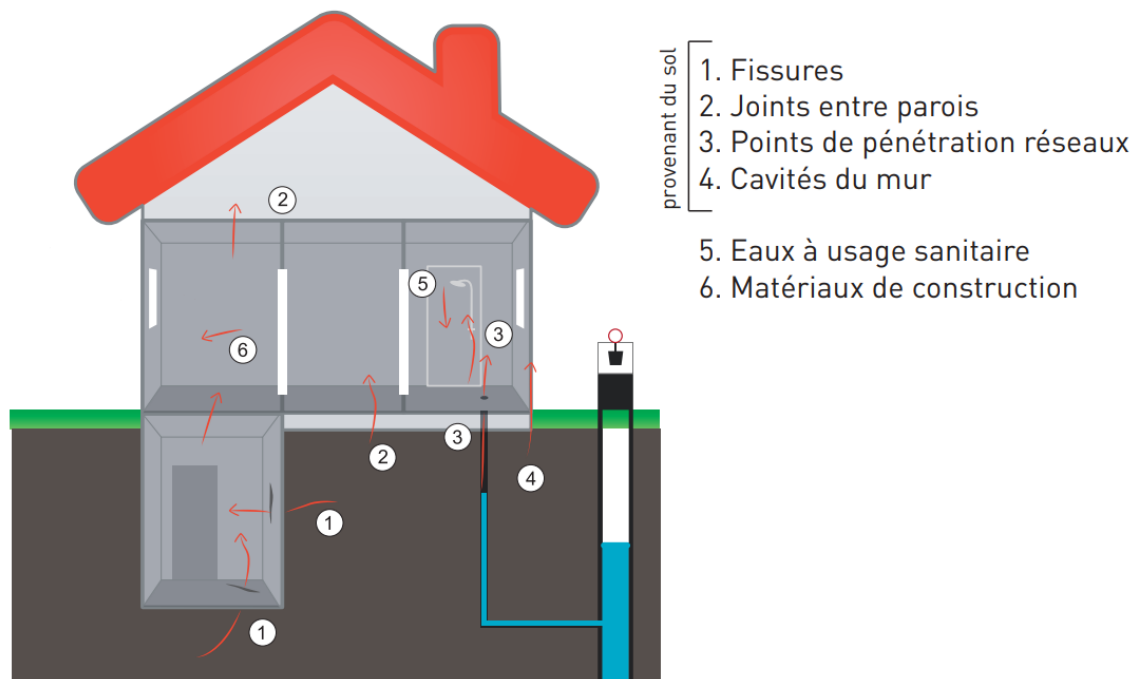
Le radon, gaz radioactif, provient de la désintégration de l'uranium contenu dans les granites et certaines roches volcaniques. La demi-vie d'une substance radioactive est le temps nécessaire pour qu'elle perde la moitié de sa radioactivité.

Doc 1. Vue de coupe du sous-sol d'une région

1. Faille
2. Granite (massif granitique)
3. Auréole de métamorphisme
4. 5. 6. 7. 8. Roche sédimentaire (dont l'argile pour le 7)
9. Cavités

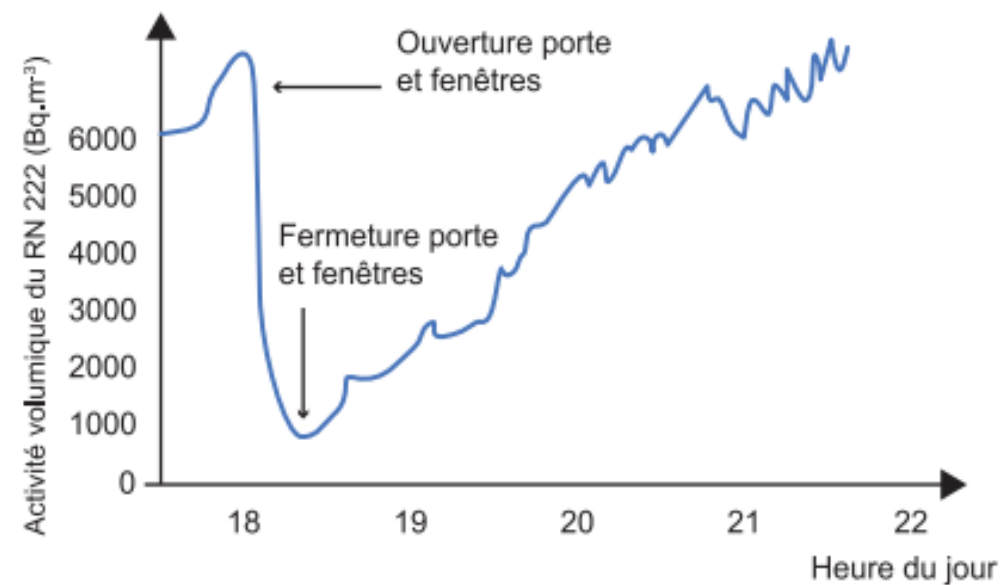


Doc 2. Les voies d'entrée du radon dans un bâtiment



Doc 3. Exemple d'évolution de l'activité volumique du radon dans une maison

L'activité d'un corps radioactif se mesure en becquerel (Bq). Un Bq est égal à une désintégration par une seconde au sein de ce corps. Exemple : un morceau de granite de 125 g a une activité volumique d'environ 1 000 Bq.



Questions :



Doc 1.

- a) Quels sont les trajets possibles de remontée du radon ?
- b) Quelles sont les habitations dans lesquelles il y a une probabilité élevée d'avoir une concentration en radon importante ? Pourquoi ?

Doc 2.

- a) Listez les sources et les voies d'entrée du radon dans la maison.
- b) Dans quelle partie d'un bâtiment le radon s'accumule-t-il le plus ?
- c) A quelle condition l'eau du robinet peut-elle contenir beaucoup de radon ?

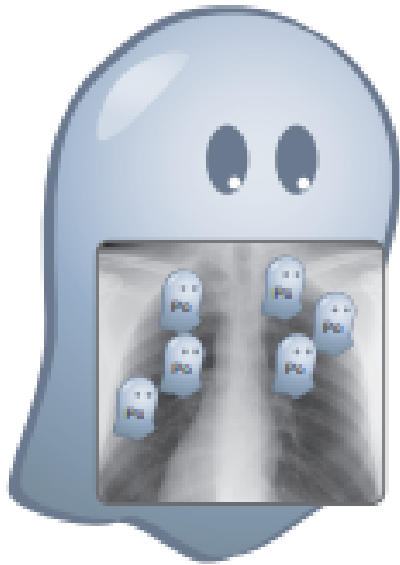
Doc 3.

- a) Après avoir analysé le document, quel conseil simple doit-on donner aux habitants des régions exposées au risque radon ?
- b) Complétez le tableau :

Paramètres	Exemples
1. Capacité des roches à émettre des grandes quantités de radon	Granite ...
2. Capacité du sous-sol à faire transiter le radon rapidement en surface	
3. Facteurs d'accumulation du radon dans les habitations	

- c) Compte-tenu de notre mode de vie actuel, pourquoi sommes-nous plus exposés au radon aujourd'hui qu'autrefois ?
- d) Un bâtiment va être construit sur un terrain où une forte teneur en radon a été décelée. Quelles solutions l'architecte peut-il proposer pour réduire l'entrée de ce gaz dans le bâtiment ?

LES EFFETS DU RADON SUR LA SANTÉ



Objectifs :

- Connaître la part du radon dans les rayonnements ionisants reçus par la population française
- Comprendre les mécanismes de propagation du radon et de ses descendants dans l'organisme
- Expliquer les effets des rayonnements alpha (α) sur le corps humain et connaître les facteurs aggravants

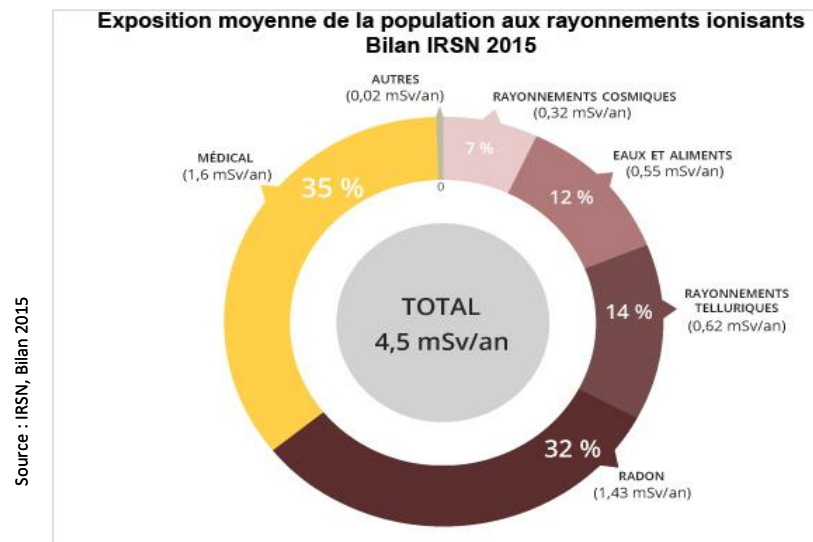
Exposition aux rayonnements ionisants en France

Quotidiennement les humains sont exposés à des rayonnements d'origine naturelle et artificielle. En France, en moyenne, nous recevons au total une dose annuelle de l'ordre de **4,5 millisieverts**.

L'exposition, à des doses de rayonnement importantes, peut être dangereuse pour la santé. L'effet biologique produit par un rayonnement ionisant sur l'organisme dépend non seulement de l'intensité du rayonnement mais aussi de la durée d'exposition et de la nature de l'organe touché.

Des études réalisées depuis les années 1960 à 2004, sur des mineurs chargés de l'extraction d'uranium, ont permis d'établir un lien entre une forte exposition au radon et l'augmentation des cancers du poumon. Par la suite, des analyses d'études réalisées en Chine, en Europe et en Amérique du Nord ont confirmé que le radon présent dans les habitations contribue de manière substantielle à l'apparition de cancers du poumon dans le monde entier. Ainsi, il est estimé que 3 000 des décès par cancer du poumon sont imputables à l'exposition au radon à **l'intérieur des bâtiments** chaque année en France.

Doc 1. Exposition de la population en France aux rayonnements ionisants

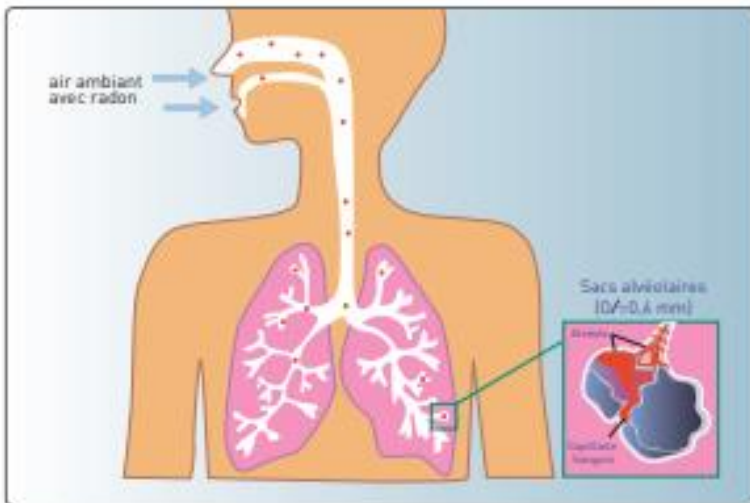


Doc 2. Les effets du rayonnement sur l'organisme

Les rayonnements ionisants provoquent une irradiation externe des personnes exposées qui diminue avec l'éloignement de la source de rayonnement.

Lorsque des substances radioactives sont ingérées ou inhalées, nous parlons de contamination interne. A l'intérieur du corps, les cellules sont alors directement exposées aux rayonnements. Cette contamination cesse lorsque les substances radioactives ont disparu, soit par élimination naturelle, soit par décroissance de la radioactivité des éléments radioactifs ingérés.

Dans les voies respiratoires, les atomes de radon et leurs descendants radioactifs se désintègrent en produisant des particules alpha (α) capables d'atteindre les cellules proches. Ces cellules abimées (dites mutées) vont, soit se réparer, soit être éliminées. Plus rarement, la cellule mutée va persister et se multiplier anormalement pour devenir une tumeur cancéreuse.



Doc 3. Trajet du radon et de ses descendants dans l'appareil respiratoire



Doc 4. Radon et cancer du poumon

Estimation des décès par cancer du poumon imputables au radon intérieur en France, compte-tenu de l'effet combiné du tabac et du radon.

Statut	Non-fumeurs	Anciens fumeurs	Fumeurs	Total
Hommes	58 (3%)	468 (22%)	1 673 (75%)	2 199
Femmes	88 (12%)	106 (15%)	531 (73%)	725
Total	146 (5%)	574 (20%)	2 204 (75%)	2 924

Source : Ajrouche R. et al. Quantitative Health impact of indoor radon in France. Radiation and Environmental Biophysics 5, 205 – 214 (2018).

Questions :



Doc 1.

- a) Quelle est en France la dose moyenne de rayonnements ionisants reçue par personne en mSv/an ?
- b) Quelle est la part de l'exposition moyenne aux rayonnements ionisants due au radon ?

Doc 2 & 3.

- a) Expliquez par quels mécanismes le radon porte atteinte à la santé humaine.

Doc 4.

- a) Complétez le tableau suivant :

Risque absolu de cancer du poumon à 75 ans pour un non-fumeur et pour un fumeur exposés à différentes activités volumiques de radon.

Activités volumiques	Non fumeur	Fumeur
Inférieures à 50 Bq/m ³	0,4 %	
100 Bq/m ³		12 %
300 Bq/m ³	0,7 %	

L'activité volumique correspond à la concentration en radon dans l'air ambiant.

Ressources complémentaires

Les appareils de mesure de la radioactivité

Le dosimètre Canary

Ce dosimètre permet de mesurer par lecture directe la concentration en becquerel par mètre cube en radon (particules alpha). Maniable, il est facile d'utilisation pièce par pièce dans tous les lieux où vous souhaitez effectuer une mesure.



Ce dosimètre peut être emprunté à l'IFFO-RME (charte de prêt) dans le cadre d'un travail pédagogique autour du livret Radon.

Pour en faire la demande : contact@iffo-rme.fr

Le dosimètre OpenRadiation

« Participez à la prise de mesures citoyennes de la radioactivité dans l'environnement »



Ce dosimètre permet de mesurer soi-même la radioactivité ambiante (rayonnement gamma) et par l'intermédiaire d'une application smartphone de faire paraître sa mesure sur une cartographie collaborative. Cette initiative participe à la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en complément des réseaux associatifs et institutionnels existants.

Dans le cadre d'un projet pédagogique, le dosimètre peut être acquis en Kit (*i.e* à monter soi-même) ou déjà monté. La démarche s'attache à comprendre les phénomènes de radioactivité, les niveaux d'exposition et les éventuels risques associés.

Pour plus d'information : www.openradiation.org.

Pour le prêt contacter l'IFFO-RME contact@iffo-rme.fr ou l'équipe OpenRadiation : contact@openradiation.org

Ressources complémentaires

Les expositions sur la radioactivité

Exposition « Radioactivité »

IRSN / ASN

En direction des filières scientifiques des lycées et du tout public, l'exposition sur les risques nucléaires (déchets, accidents, effets sur la santé, etc.) comporte 80 panneaux séquencés en 10 modules.

Pour le prêt, contacter l'IRSN : expo-asn-irsn@irsn.fr

Aperçu de l'exposition : [Exposition ASN/IRSN - ASN](#)



Exposition « Gafforisk nucléaire majeur »

IFFO-RME

En direction des collégiens, des filières littéraires des lycées et du tout public, cette exposition de 16 panneaux autoportants contribue à :

- Comprendre le phénomène de radioactivité, ses origines, ses usages, ses mesures etc.
- Comprendre la fission, l'énergie nucléaire, le risque d'accident majeur etc.
- Appréhender les conduites à tenir individuelles et collectives etc.

Demande de prêt : contact@iffo-rme.fr

Aperçu de l'exposition : [Exposition radioactivité et nucléaire | Les actualités Risques Majeurs et protection de l'Environnement | Iffo-RME \(iffo-rme.fr\)](#)

Ressources complémentaires

Formation spécifique sur le radon

L'IFFO-RME peut répondre aux demandes de formation sur cette thématique :

- En direction des structures de médiation qui seraient chargées de ce dossier sur des territoires concernés (collectivités, structures associatives, etc.)
- En direction des enseignants par la mise en place de stages inscrits dans les dispositifs de formation académiques ou départementaux.

Au programme (indicatif)

- Le radon c'est quoi ?
- Quel est le risque sanitaire ?
- Qui sont les acteurs du radon en France ?
- La réglementation en France
- Le matériel de dépistage
- Les actions de remédiation possibles
- Des retours d'expérimentations pédagogiques

Pour tout renseignement :

contact@iffo-rme.fr

Ressources complémentaires



L'accompagnement

Solliciter des formateurs du réseau RMé

IFFO-RME

Le réseau des formateurs risques majeurs s'étend sur l'ensemble du territoire national et les équipes locales peuvent se rendre disponibles selon les besoins pour accompagner vos projets pédagogiques.

Cet accompagnement peut prendre différentes formes :

- Mise en place d'une conférence thématique
- Présentation et animation d'une exposition
- Expériences et manipulations pour comprendre la mesure (notions de désintégration naturelle, manipulation comparative de dosimètres, etc.)

Vidéo sur les actions de l'IFFO-RME dans le domaine de la radioactivité et du nucléaire :

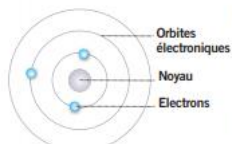
<https://www.youtube.com/watch?v=u5Oax3zvpRs>

Prendre contact : contact@iffo-rme.fr

Conçu en 1869 par le chimiste russe Dimitri Ivanovitch Mendeleïev, le tableau périodique des éléments, dit de Mendeleïev, est une référence universelle. Il classe tous les éléments connus, et ceux à découvrir, selon leur numéro atomique et les organise selon leurs propriétés chimiques.

Le tableau de Mendeleïev

1																	18						
1	H Hydrogène																	He Hélium	2				
2	Li Lithium	Be Béryllium															B Bore	C Carbone	N Azote	O Oxygène	F Fluor	Ne Néon	10
3	Na Sodium	Mg Magnésium															Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphore	S Soufre	Cl Chlore	Ar Argon	18
4	K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titane	V Vanadium	Cr Chrome	Mn Manganèse	Fe Fer	Co Cobalt	Ni Nickel	Cu Cuivre	Zn Zinc	30	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Sélénium	Br Brome	Kr Krypton	36			
5	Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdène	Tc Technétium	Ru Ruthénium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Argent	Cd Cadmium	48	In Indium	Sn Étain	Sb Antimoine	Te Tellure	I Iode	Xe Xénon	54			
6	Cs Césium	Ba Baryum	Lanthanides (voir tableau ci-dessous)		Hf Hafnium	Ta Tantale	W Tungstène	Re Rhénium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platine	Au Or	79	Hg Mercure	Tl Thallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astate*	Rn Radon	86		
7	Fr Francium*	Ra Radium	Actinides (voir tableau ci-dessous)		Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Ds Darmstadtium	Rg Roentgenium	112	À découvrir	À découvrir	À découvrir	À découvrir	À découvrir	À découvrir	À découvrir	À découvrir	118	
-----Éléments super lourds utilisés pour la recherche en physique nucléaire-----																							
6	La Lanthane	Ce Cérium	Pr Praséodyme	Nd Néodyme	Pm Prométhium	Sm Samarium*	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium*	71							
7	Ac Actinium*	Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Américium	Cm Curium	Bk Berkelium	Cf Californium	Es Einsteinium*	Fm Fermium*	Md Mendelevium*	No Nobelium*	Lr Lawrencium*	103							



Un **atome** est composé d'un **noyau**, constitué de **protons** et de **neutrons**, autour duquel gravitent des électrons. Ces derniers se trouvent sur des orbites concentriques, qu'ils remplissent au fur et à mesure, de l'intérieur vers l'extérieur. Les atomes stables comptent sept orbites électroniques.

- Éléments solides
 - Éléments gazeux
 - Non-métaux
 - Métaux alcalino-terreux
 - Lanthanides (ou terres rares)
 - Métaux pauvres
 - Éléments liquides
 - Éléments artificiels
 - Métaux alcalins
 - Métaux de transition
 - Actinides
 - Halogènes
 - Gaz rares
- *Peu ou pas d'utilisation

Symbole atomique
Représentation universelle de l'élément, quel que soit le nom qui lui est donné dans les différentes langues.



Objet qui contient naturellement ou par fabrication l'élément.

On appelle **élément chimique** l'ensemble des formes (ou isotopes) possibles d'un atome. Celles-ci ont, en effet, toujours le même nombre de protons et d'électrons, mais pas le même nombre de neutrons. Chaque élément chimique est caractérisé par un symbole et un numéro atomique.

Chaque ligne du tableau, appelée **période**, correspond à l'une des sept **orbites électroniques des atomes**. Elles renseignent sur la **configuration électronique** des éléments, c'est-à-dire sur le nombre d'orbites qui comportent des électrons, et sur le nombre d'électrons de l'élément. Par exemple, le Li et le Be ont deux électrons sur leur première orbite, puis respectivement un et deux électrons sur la deuxième, les cinq autres étant vides, etc. La classification périodique des éléments selon leur configuration électronique permet ainsi de prévoir l'évolution de leurs propriétés.

Chacune des 18 colonnes du tableau correspond à un **groupe d'éléments** qui possèdent le même nombre d'électrons sur leur orbite la plus externe. Celle-ci déterminant le comportement chimique, les éléments d'un même groupe, et donc d'une même colonne, ont les **mêmes propriétés chimiques**. C'est le cas par exemple du Na et du K, qui, bien qu'ils n'aient pas le même nombre d'électrons, en ont chacun un sur leur orbite la plus externe, respectivement la troisième et la quatrième.