

LA RADIO- ACTIVITÉ, C'EST QUOI?



© 2012 P. Ancelet - Agence pour l'information scientifique et technique de l'ASN (2012)

© ASN et IRSN — sous la direction de : Geneviève Beaumont, Emmanuel Bouchet, Olivier Javey
Conception : Âme en science, La-fabrique-creative, Phalizon consultant — Illustration : B2 Infographie — Dessin de la mascotte : Thomas Cabellé
Reproduction interdite sans l'autorisation de l'ASN/IRSN.



AUTORITÉ
DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE



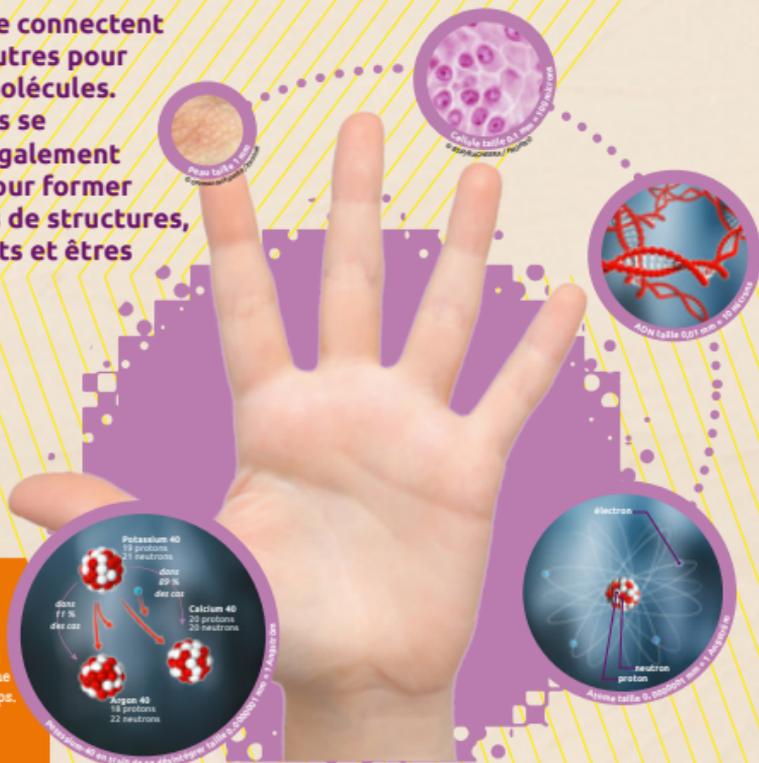
Faire avancer la sûreté nucléaire



VOYAGE AU CENTRE DE LA MATIÈRE

Notre corps est composé d'une multitude de minuscules grains : **LES ATOMES.**

Les atomes se connectent les uns aux autres pour former des molécules. Les molécules se connectent également entre elles pour former toutes sortes de structures, cellules, objets et êtres vivants.



Atomes instables

La plupart des atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils ne changent pas au fil du temps.

Certains sont instables : ils se transforment en d'autres atomes, tout en émettant des rayonnements : c'est le phénomène de la **RADIOACTIVITÉ.**

Bonjour. Je suis un agouti. Je me nourris de noix du Brésil, l'aliment naturellement le plus radioactif. Dans ma noix, il y a trois cent mille milliards de milliards d'atomes (300 000 000 000 000 000 000 000). Chaque minute, une vingtaine de ces atomes émettent un rayonnement.



De quoi est fait un atome ?

Un atome est lui-même composé d'un noyau et, autour, d'un nuage d'électrons. Ces électrons sont les mêmes qui parcourent nos fils électriques.

Dans le noyau, il y a 2 types de particules : les neutrons et les protons. Le nombre de protons détermine la propriété chimique de l'atome. Les neutrons peuvent être plus ou moins nombreux dans un même élément formant des isotopes différents. Certains sont radioactifs. Par exemple, le carbone 12 avec 6 neutrons est stable, et le carbone 14 avec 8 neutrons est instable et radioactif.

En débat

La radioactivité, une invention de l'homme ?

⏪ Dès l'origine de la Terre, la radioactivité est un phénomène naturel, présent partout. On retrouve des éléments radioactifs dans les roches, l'eau, les fruits ou encore dans notre propre corps.

⏩ La découverte de la radioactivité a engendré des inventions produisant des matières radioactives artificielles. Certaines, très radioactives, pourraient s'avérer dangereuses pour les générations actuelles ou futures si elles n'étaient pas confinées et contrôlées.

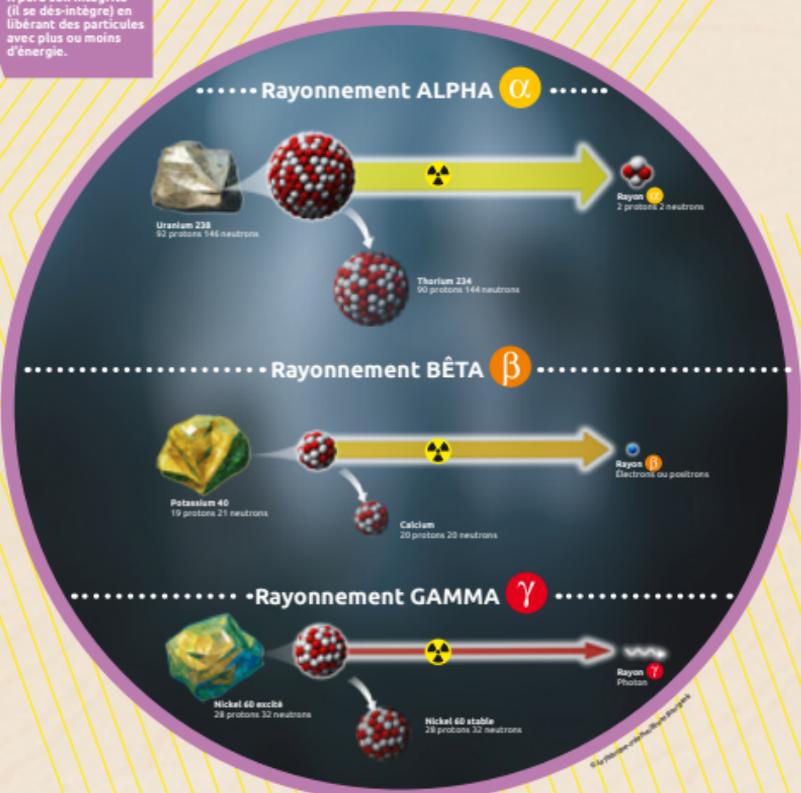
En tout état de cause, connaître l'origine de la radioactivité permet de mieux comprendre les phénomènes.

3 SORTES DE RAYONNEMENTS

Certains atomes se **TRANSFORMENT*** au fil du temps en émettant des rayonnements invisibles. Des matériaux qui contiennent de tels atomes sont dits radioactifs.

* Scientifiquement, on dit qu'un atome qui se transforme par le processus de radioactivité se **DÉSINTÈGRE**. En effet, il perd son intégrité (il se dés-intègre) en libérant des particules avec plus ou moins d'énergie.

Selon sa nature, un atome peut émettre trois types de rayonnements différents.



Rayonnement ALPHA (α)

Certains atomes lourds se transforment en émettant une particule massive, formée de deux protons et deux neutrons, c'est un noyau d'hélium que l'on appelle **particule alpha**.

Par sa grande taille, la particule alpha est peu pénétrante et arrêtée par une simple feuille de papier. En revanche, elle libère une énergie importante lors de son impact.

Certains matériaux sont radioactifs : elles émettent des rayonnements avec plus ou moins d'énergie. Ces rayonnements sont tous dangereux mais dans des contextes différents.



Rayonnement BÊTA (β)

Dans le noyau d'un atome, un neutron peut se changer en proton ou inversement, un proton peut se changer en neutron. Cette transformation s'accompagne de l'émission d'une particule électrisée appelée **particule bêta**.

Ces particules électrisées, des électrons ou des positrons, peuvent traverser du papier mais sont arrêtées par une feuille d'aluminium. Plus pénétrantes que les particules alpha, elles déposent aussi leur énergie plus progressivement au fil de leur parcours.

Rayonnement GAMMA (γ):

Après avoir émis une particule alpha ou bêta, certains atomes se retrouvent dans un état perturbé. Ils émettent alors un **rayonnement gamma** pour se stabiliser. Les rayons gamma ne sont pas composés de particules matérielles mais de grains de lumière, des photons.

Le rayonnement gamma est très pénétrant et il faut plusieurs centimètres de plomb ou des dizaines de centimètres de béton pour les arrêter. Il est difficile de s'en protéger.

1 | 3 +

COMMENT MESURE-T-ON LA RADIOACTIVITÉ ?

Les risques dépendent de la dose reçue. Il faut donc mesurer précisément la radioactivité. On utilise 3 UNITÉS DE MESURE COMPLÉMENTAIRES : le gray, le becquerel et le sievert.

Le becquerel (Bq): l'ACTIVITÉ d'une source

Le nombre de becquerels correspond au nombre de fois par seconde où la source émet un rayonnement. Plus le nombre de becquerels est grand, plus l'ACTIVITÉ de la source est grande.

Le compteur Geiger sert à mesurer la radioactivité. Le cadran donne la mesure et l'écran électronique enregistrable est connecté à un PC.



Dans ce dessin, l'ACTIVITÉ est symbolisée par le nombre de pommes qui tombent de l'arbre par seconde.



Dans ce dessin, la DOSE REÇUE est symbolisée par le nombre de pommes qui atteignent vraiment le dormeur.

Le gray (Gy): la DOSE REÇUE

Le gray est utilisé lorsqu'on veut mesurer l'énergie due à la quantité de rayonnement reçue. On parle alors de DOSE REÇUE.

Le dosimètre est utilisé à mesurer la dose radioactive ou l'équivalent de dose reçue par une personne exposée à un rayonnement radioactif.



Dans ce dessin, la DOSE EFFICACE REÇUE est la taille et le nombre de bosses causées par la chute des pommes.



Le sievert (Sv): la DOSE EFFICACE

Le sievert est la mesure de la dangerosité. Lorsqu'il s'agit spécifiquement du corps humain, les effets des différents rayonnements varient selon les organes ou tissus touchés. Certains sont plus sensibles que d'autres.

La dose en sievert reçue par un organe résulte d'un calcul qui prend en compte différents facteurs. Par exemple, on applique des facteurs de pondération différents selon les organes touchés.

Pondération par organe

Coréens	0,20
Roeder rouge	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Système	0,12
Vessie	0,05
Sexe	0,05
Foie	0,05
Os	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres	0,05

Quelques chiffres

0,03 millisievert: un vol Paris/New-York, dose due aux rayonnements naturels cosmiques en haute atmosphère.

0,7 millisievert: une radio des poumons.

3 millisieverts: un an d'exposition à la radioactivité naturelle en France.

10 millisieverts: un scanner.

100 millisieverts: Valeur au-delà de laquelle l'augmentation des risques de cancer a été mesurée.

Au-delà de **1 sievert** (mille millisieverts) reçu en peu de temps, les rayonnements peuvent causer des troubles et des dysfonctionnements avérés, voire entraîner la mort à court ou moyen terme.

Avec la radioactivité, tout est une question de dose et de quantité. Je mesure 10 becquerels dans cette noix de cajou !



Calculez la dose reçue pour votre prochain vol en avion !
<http://www.dosevt.com/>

COMBIEN DE TEMPS DURE LA RADIOACTIVITÉ ?

La radioactivité n'est pas éternelle. Les matières radioactives perdent des particules au fil du temps, ne laissant au final que de la matière stable.

Cela se produit-il rapidement ? Pour le savoir, il faut s'intéresser à la notion de **DEMI-VIE**.



Concentration d'atomes radioactifs:
N

LA RADIOACTIVITÉ DÉCROÎT AU FIL DU TEMPS
Les atomes radioactifs se désintègrent : il y en a de moins en moins. Et moins il reste d'atomes radioactifs, moins la radioactivité est intense. La radioactivité décroît selon une courbe que l'on appelle exponentielle, qui s'écrase de plus en plus au fil du temps.



Échelle du temps

La radioactivité grignotée

Les matières radioactives le sont de moins en moins au fil du temps.

C'est un peu comme si vous décidiez de grignoter chaque jour un biscuit en croquant la moitié de ce qu'il reste.

Au bout d'une journée, le biscuit aura la moitié de sa taille. En trois jours, il n'en restera déjà qu'un huitième. Puis le morceau sera de plus en plus petit mais cela peut durer encore longtemps.

La « DEMI-VIE »

Les physiciens appellent la DEMI-VIE d'une matière radioactive le temps au bout duquel la moitié des atomes de départ se sont désintégrés.

La DEMI-VIE donne une bonne indication de la **rapidité de disparition** d'une matière radioactive.

Dans le cas ci-dessus, les scientifiques diraient que le biscuit a une DEMI-VIE d'une journée : il fait la moitié de sa taille au bout d'un jour.

Quelques chiffres clés

L'URANIUM 238

Demi-vie : 4,5 milliards d'années

Comme celui contenu dans les roches de granite, sa demi-vie équivaut à l'âge de la Terre.

La Terre contient deux fois moins d'uranium 238 qu'à son origine.

LE POTASSIUM 40

Demi-vie : 1,85 milliard d'années

Contenu dans le sol, il est aussi présent dans les aliments et le corps humain.

LE TECHNÉTIUM 99m

Demi-vie : 6 heures

Il a une demi-vie très courte. Il est utilisé pour faire des diagnostics médicaux. Il est éliminé rapidement.

Il faudra 300 ans pour que la quantité de césium 137 rejetée lors de l'accident de Fukushima soit divisée par mille. La même diminution est obtenue au bout de 80 jours pour l'iode radioactif 131 qui a disparu en quelques mois.



Certaines matières perdent leur radioactivité en quelques heures, d'autres la conservent des milliards d'années.

LA RADIOACTIVITÉ DANS LES ALIMENTS

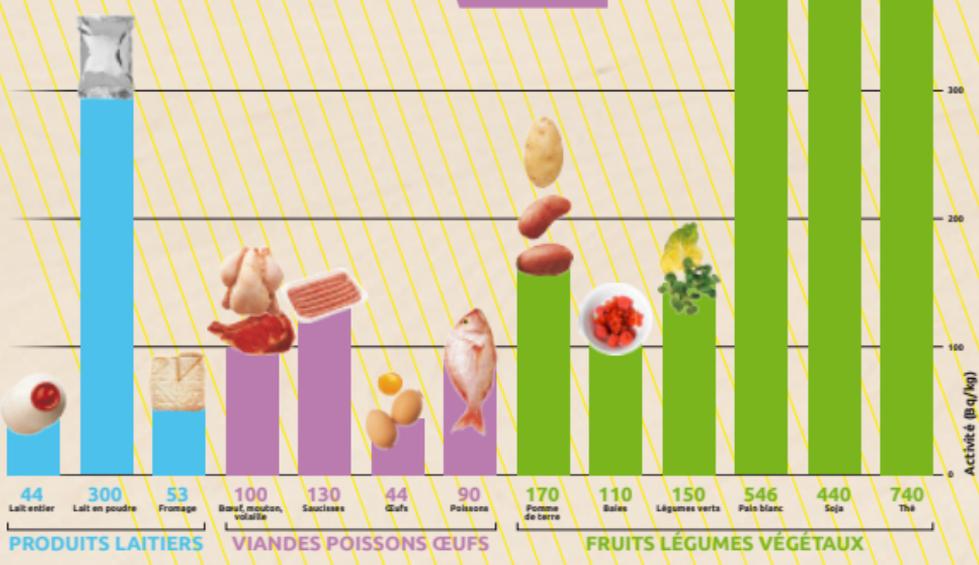
Les aliments que nous consommons sont **NATURELLEMENT** radioactifs.

Des substances naturellement radioactives

Tous nos aliments sont un peu radioactifs, car ils contiennent des éléments comme du carbone 14 et du potassium 40 en faible quantité. Les bananes (130 becquerels de potassium 40 par kilo) sont par exemple suffisamment radioactives pour être détectées par les portiques de sécurité aux États-Unis. La denrée alimentaire naturellement la plus radioactive est la noix du Brésil (600 becquerels au kilo).

LA DOSE EQUIVALENTE BANANE
C'est une unité informelle utilisée pour comparer une dose de rayonnement par rapport à celle d'une simple banane. Une banane de 150 g contient 20 becquerels. Aussi, la dose délivrée est d'environ 0,0001 millisievert.

VOUS POUVEZ CONTINUER À BOIRE VOTRE THÉ !
Un sachet ne contient que 1g de thé soit 0,7 Bq, qui ne sont pas entièrement transférés dans l'eau.



Mesurer précisément la dose reçue naturellement

Selon sa nature, un élément radioactif va se fixer sur un organe ou sur un autre. Le corps ne stocke pas tous ces éléments, il évacue la quantité qui ne lui est pas nécessaire ou l'élimine peu à peu. Par exemple, seule une quantité limitée de potassium 40 est fixée par le corps, le reste est éliminé. Le carbone 14 s'élimine pour moitié en 40 jours. En revanche le corps peut stocker le polonium 210 (très présent dans le poisson et les crustacés) sans limite. **0,55 mSv/an** c'est le calcul de la dose moyenne ingérée en France.

Age	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte
Potassium 40	4,2 10 ⁶	2,1 10 ⁶	1,3 10 ⁶	7,6 10 ⁵	6,2 10 ⁵
Carbone 14	1,6 10 ⁶	9,9 10 ⁵	8,0 10 ⁵	5,7 10 ⁵	5,8 10 ⁵
Polonium 210	2,6 10 ³	4,6 10 ³	2,6 10 ³	1,6 10 ³	1,2 10 ³

Un tableau permet de convertir la quantité de becquerels d'un radioélément ingéré en millisievert, selon l'âge de la personne. Par exemple, dans les crustacés il y a naturellement 18 bq au kg de polonium 210 et 10 bq au kg dans les petits poissons. Imaginons que l'on ait ingéré 100 bq de polonium 210 en mangeant beaucoup de poisson ou de crustacés (environ 10 kg) :
 * un adulte aura une dose de $1,2 \times 10^3 \times 10^2 = 0,12 \times 10^5$ sieverts donc 0,12 millisievert.
 * un enfant de 5 ans aura une dose de $4,4 \times 10^3 \times 10^2 = 0,44 \times 10^5$ sieverts donc 0,44 millisievert.



Le savais-tu?
Tous nos aliments sont naturellement radioactifs. Cela fait des millions d'années que les hommes se nourrissent ainsi.

FABRIQUER LA RADIOACTIVITÉ

L'homme a compris le PHÉNOMÈNE naturel de la radioactivité. Cela lui a permis de créer d'autres éléments radioactifs et de les utiliser dans de nombreuses applications.

Naturelle ou artificielle ?

Des éléments radioactifs comme l'uranium ou le potassium sont présents naturellement dans notre environnement, car ils ont une longue durée de vie. Les autres éléments à durée de vie plus courte, qui étaient présents à l'origine de l'univers, ont disparu depuis. On sait cependant aujourd'hui fabriquer ces éléments et en créer d'autres plus ou moins éphémères pour des besoins énergétiques, militaires, médicaux et scientifiques. C'est la radioactivité artificielle.

ÉLECTRONUCLÉAIRE



MILITAIRE



INDUSTRIE



MÉDECINE



RECHERCHE



Fabriquer des produits radioactifs pour les hôpitaux

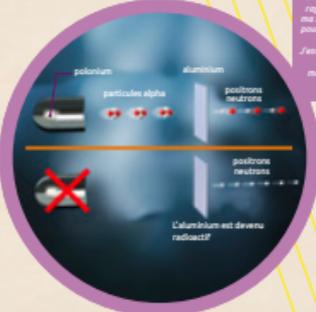
Dans les hôpitaux, on utilise le technétium 99m pour faire des examens médicaux. Le technétium 99m a une durée de vie très courte, il doit être fabriqué quelques heures avant son usage.

Les débuts de la radioactivité artificielle

Dans les premiers jours de l'année 1934, Frédéric et Irène Joliot-Curie annonçaient dans une note à l'Académie des sciences qu'ils avaient fabriqué un atome radioactif qui n'existait pas dans la nature. En bombardant une feuille d'aluminium avec une source de rayons alpha, ils observent en effet l'apparition d'un élément inconnu. Cet élément s'avérera être un isotope du phosphore, le phosphore 30.



« J'irradie cette cible avec des rayons alpha provenant de ma source de polonium; vous pouvez entendre le compteur Geiger cliqueter [...] J'enlève la source; le cliquetis devrait s'arrêter... mais se brist continue... »
Frédéric Joliot



La radioactivité naturelle existe depuis le début de l'univers. Depuis le 20^e siècle, les hommes ont appris à la créer artificiellement.



TOUS EXPOSÉS

Des rayonnements venant du cosmos ou de la Terre nous traversent. Nous respirons ou ingérons des atomes radioactifs présents naturellement dans l'air, les aliments ou l'eau. Nous faisons des radios et des scanners dans les hôpitaux. Les installations nucléaires génèrent des rejets et des déchets.

COMMENT CES DIFFÉRENTES SOURCES CONTRIBUENT-ELLES À L'EXPOSITION D'UN FRANÇAIS ?

EXPOSITION ARTIFICIELLE

35 %
Expositions médicales



< 1 %
Industries et recherches, essais nucléaires militaires...



© ICRP, 1990-2002
© 2004-2005 par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)
Photos: AFP - Getty Images, Science Photo Library, Reuters - Contrasto, AFP - Getty Images, Science Photo Library, Reuters - Contrasto, AFP - Getty Images, Science Photo Library, Reuters - Contrasto

EXPOSITION NATURELLE

32 %
RADON
Gaz radioactif émanant du sous-sol



14 %
Rayonnements terrestres (minéraux radioactifs des sols) hors radon



TOTAL
exposition moyenne
des français
4,6 mSv/an

12 %
Eaux et aliments



7 %
Rayonnements cosmiques

Radioactivité naturelle

Des éléments radioactifs sont présents naturellement dans l'environnement, depuis que la Terre existe. Total 3 mSv/an



Chacun selon son lieu d'habitation (altitude, géologie) ou de son état de santé reçoit plus ou moins de rayonnement.

Attention aux moyennes !

Une personne qui fait beaucoup de ski (altitude), mange une grande quantité de bananes (potassium naturellement radioactif), vit en Bretagne (granite naturellement radioactif) ou encore fait de nombreux examens médicaux ou voyages en avion sera bien plus exposée qu'une autre personne vivant en Île-de-France, fréquentant peu les hôpitaux et séjournant rarement en altitude.

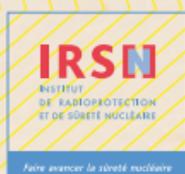
1 | 8 +

LE RADON DANS NOS MAISONS



© Photo: gettyimages.com

© ASN et IRSN — sous la direction de : Geneviève Beaumont, Emmanuel Bouchet, Olivier Javey
Conception : Aïme en science, La-fabrique-créative, Phalizon consultant — Illustration : B2 Infographie — Dessin de la mascotte : Thomas Cabellé
Reproduction interdite sans l'autorisation de l'ASN/IRSN.



1 | 10

RADIOACTIVITÉ NATURELLE: L'EXEMPLE DU RADON

L'uranium est présent dans tous les sols et plus particulièrement dans les roches granitiques et volcaniques de certains départements en France. Cet uranium se désintègre en une succession d'éléments radioactifs: thorium, radium puis **RADON**. Le **RADON** est un gaz **POTENTIELLEMENT DANGEREUX** pour la santé.

Du radon dans ma maison?

L'exposition des habitants diffère d'une maison à l'autre: le radon pénètre par différentes voies (fissures, passages de canalisations...) et s'accumule dans des endroits clos comme les caves, les vides sanitaires ou encore les pièces d'habitation insuffisamment ventilées.

Il peut aussi se dissoudre dans les eaux des nappes phréatiques et se trouver dans l'eau du robinet et les eaux thermales.

Enfin, le radon se transforme notamment en polonium, lui aussi radioactif.

Quel danger représente le radon ?

Le radon peut être dangereux pour la santé s'il s'accumule dans les lieux de vie. On estime que c'est la deuxième cause de cancer du poumon en France. Il est particulièrement présent dans les régions granitiques et volcaniques.

La dose moyenne estimée est de 1,5 mSv/an.

Radon: carte d'identité

^{86}Rn

Le radon est inodore, incolore et radioactif. Il se désintègre en émettant des particules alpha et en laissant derrière lui des poussières elles aussi radioactives.

Le radon a une demi-vie de 3,82 jours.

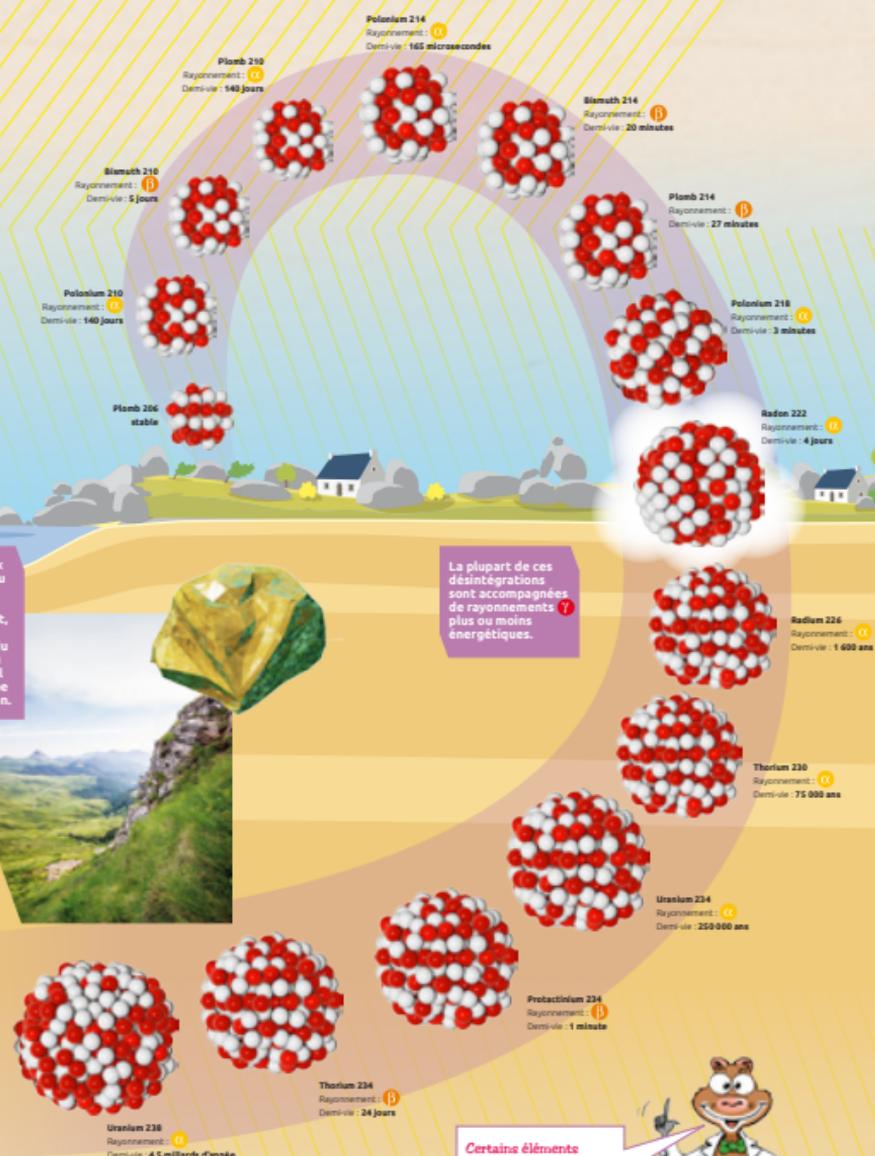
Le polonium 210, un de ses descendants, a lui une demi-vie de 138 jours.



Il existe dans la nature un gaz qui est radioactif: c'est le radon. Il s'échappe de la terre et peut entrer dans les maisons à travers le sol ou par la cave.

D'OÙ VIENT LE RADON ?

Un élément radioactif, comme l'uranium, peut se transformer en un autre élément radioactif qui va se transformer à son tour, et ainsi de suite. On appelle cela **UNE CHAÎNE DE DÉSINTÉGRATION**. Le radon est issu de la chaîne de désintégration de l'uranium.



Les cristaux de ce caillou trouvé en Auvergne, contiennent, à la fois de l'uranium, du thorium, et il s'en échappe du gaz radon.

La plupart de ces désintégrations sont accompagnées de rayonnements plus ou moins énergétiques.

Certains éléments radioactifs sont très éphémères : aussitôt apparus, ils disparaissent, à la façon d'un éclair.

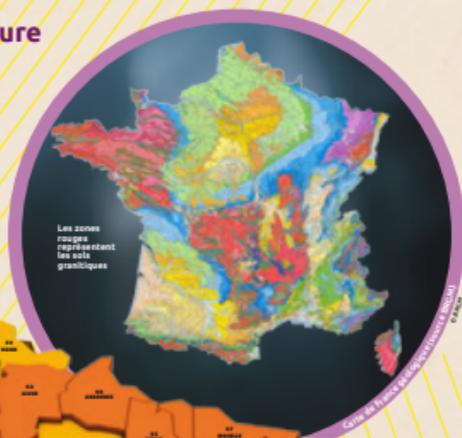


LE RADON EN FRANCE

Cette carte montre les **MESURES MOYENNES** par département de la concentration en radon dans les bâtiments. Elle s'explique par la nature géologique du sol.

Des mesures variables

La géologie de la France est très contrastée. Les massifs granitiques et les failles expliquent les fortes concentrations en radon. De plus, dans une même zone, selon la structure des sous-sols, l'architecture des habitations ou encore la saison, la concentration en radon de l'air peut être très variable: de 10 à plus de 10 000 becquerels par m³ d'air.



31 départements prioritaires

En France, 31 départements sont prioritaires pour la prévention des risques liés au radon.



Il y a plus de risque de présence de radon là où il y a du granite qui est une roche riche en uranium.



DU RADON DANS MA MAISON? QUE FAIRE ?

Si la présence de radon est confirmée, **DES ACTIONS DE PROTECTION EFFICACES existent.**

Colmater / drainer

En plus d'évacuer le radon, il faut limiter sa pénétration dans le bâtiment en améliorant par exemple l'étanchéité des planchers (colmatage des fissures et des passages de canalisations) ou détourner les flux de radon en installant un système d'extraction d'air (vers l'extérieur).

Dépister

On mesure la présence de radon à l'aide d'un dosimètre. Le principe est le même que la pellicule photographique: les rayonnements émis impriment le film du dosimètre. Pour que ce dépistage soit fiable, il faut disposer des dosimètres dans les principales pièces de vie pendant une durée minimum de deux mois.

Des appareils professionnels peuvent permettre un diagnostic plus précis et guider la recherche des voies d'entrée du radon.

Aérer / ventiler

On peut réduire la concentration en radon en aérant souvent et abondamment ou en améliorant la ventilation dans son habitation.



Du neuf sans radon

Si votre commune est concernée, pensez à anticiper le risque radon dès les premiers plans de construction. Des installations efficaces peuvent être mises en place dès le départ: membranes géotextiles, système de mise en dépression du sol...

Pour se protéger du radon, la première chose à faire c'est d'en mesurer la présence dans son logement.



À QUI S'ADRESSER POUR SE PROCURER UN DOSIMÈTRE ?



ALGÈRE
Fédération Algérienne de Radiologie
SAR CASABLANCA
Tel: 02 23 62 32 32
alg@alg.radiologie.com
www.radiologie.com/index.php?rubric=6&id_rubric=10001



LABORATOIRE COCUREL
11 rue de Sidi Bou Abdou PIERRELETTE
Tel: 09 79 27 83 89
cocurel@wanadoo.fr
www.cocurel.fr/radiation-radon-decouverte



SARTE RADON - P. Jéhu
22, rue de la République - 47000 Langois
Cadaac France
Tel: 02 53 82 89 93
contact@serte-radon.com
www.serte-radon.com



LANGUEVALE AUCOPE
23 Avenue de Gabriel LACOUR
82000 PONTMAYO AUCOPE Cedex
Tel: 07 49 92 62 80
langueval@wanadoo.fr
www.langueval.fr/contenu/realisations/
detailler.php?id=depistage-du-radon-5000



SARTROND
5 route de l'Église aux Algorithmes
61100 Sartrouville
Tel: 07 69 32 72 00
www.sartrond.fr/