

Commission de Recherche et d'Information  
Indépendantes sur la radioactivité

29 cours Manuel de Falla / 26000 Valence / France

☎. 33 (0)4 75 41 82 50 / laboratoire@criirad.org

## Risques liés à la détention de minéraux radioactifs

La réglementation française n'impose pas de déclarer aux autorités le fait que l'on possède des minéraux radioactifs. La CRIIRAD a pu constater que les collectionneurs amateurs ou professionnels manquent d'informations sur les risques liés à la radioactivité de ces minéraux, les moyens d'évaluer ces risques et les mesures de protection.

La présente fiche a pour objet d'informer le public sur ces questions. Elle vient en complément d'une vidéo CRIIRAD « minéraux uranifères » : [https://www.youtube.com/watch?v=Pxy\\_ZrIKsNQ](https://www.youtube.com/watch?v=Pxy_ZrIKsNQ)

### Où peut-on être confronté à des minéraux radioactifs ?

Il existe plusieurs centaines de minéraux qui comportent des teneurs élevées en élément radioactifs naturels comme l'uranium ou le thorium.

Des minéraux uranifères sont présents dans certaines collections privées, chez des marchands de minéraux, dans les bourses aux minéraux, au domicile de personnes ayant travaillé dans des mines d'uranium, dans certains établissements scolaires (cours de géologie), dans des musées.

On trouvera en Annexe 1 une carte de France des anciennes mines d'uranium.

### Photographies 1 et 2

Gauche : minéral radioactif / Droite : collection de minéraux radioactifs à Jussieu (Paris)



## Quels sont les principaux éléments radioactifs naturels susceptibles d'être présents dans les minéraux ?

L'écorce terrestre renferme un certain nombre de substances naturellement radioactives. Ces produits radioactifs, appelés radionucléides, sont présents dans le sol et les minéraux depuis la création de la terre.

Leur période physique, c'est-à-dire le temps nécessaire pour qu'ils perdent la moitié de leur radioactivité est telle que leur radioactivité reste aujourd'hui encore tout-à-fait significative, malgré l'âge de la terre (environ 4,5 milliards d'années).

Il s'agit principalement des 4 radionucléides suivants :

- Uranium 238 (4,5 milliards d'années)
- Uranium 235 (700 millions d'années)
- Thorium 232 (14 milliards d'années)
- Potassium 40 (1,28 milliard d'années).

La désintégration de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232, donne naissance à de nouveaux éléments radioactifs dont la désintégration aboutit par cascade à une chaîne de désintégration.

A titre d'exemple sont reproduites ci-dessous les chaînes de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232.

La chaîne de l'uranium 238 comporte au total 14 éléments radioactifs, 13 sont des métaux lourds radioactifs (isotopes de l'uranium, thorium, radium, plomb, bismuth, polonium, etc.), un seul est un gaz radioactif, le radon 222.

Les chaînes de désintégration de l'uranium 235 et du thorium 232 présentent des caractéristiques similaires.

### Chaînes radioactives

#### Uranium 238

Radionucléide	Mode de désintégration	Période physique
Uranium 238	$\alpha$	4,5 $10^9$ ans
<b>Thorium 234</b>	$\beta$	<b>24 jours</b>
<b>Protactinium 234<sup>m</sup></b>	$\beta$	<b>1,2 minutes</b>
Uranium 234	$\alpha$	2,5 $10^5$ ans
<b>Thorium 230</b>	$\alpha$	<b>7,5 <math>10^4</math> ans</b>
<b>Radium 226</b>	$\alpha$	<b>1,6 <math>10^3</math>ans</b>
Radon 222	$\alpha$	3,8 jours
Polonium 218	$\alpha$	3 minutes
<b>Plomb 214</b>	$\beta$	<b>27 minutes</b>
<b>Bismuth 214</b>	$\beta$	<b>20 minutes</b>
Polonium 214	$\alpha$	1,6 $10^{-4}$ secondes
<b>Plomb 210</b>	$\beta$	<b>22,3 ans</b>
Bismuth 210	$\beta$	5 jours
Polonium 210	$\alpha$	138,5 jours
Plomb 206		Stable

#### Thorium 232

Radionucléide	Mode de désintégration	Période physique
Thorium 232	$\alpha$	1,4 $10^{10}$ ans
Radium 228	$\beta$	5,8 ans
<b>Actinium 228</b>	$\beta$	<b>6,1 heures</b>
Thorium 228	$\alpha$	1,9 an
Radium 224	$\alpha$	3,7 jours
Radon 220	$\alpha$	55,6 secondes
Polonium 216	$\alpha$	0,15 secondes
<b>Plomb 212</b>	$\beta$	<b>10,6 heures</b>
<b>Bismuth 212</b>	$\alpha \beta$	<b>1 heure</b>
<b>Thallium 208</b>	$\beta$	<b>3 minutes</b>
Polonium 212	$\alpha$	3 $10^{-7}$ secondes
Plomb 208		Stable

## Quels sont les types de radiations émises par les minéraux radioactifs?

Les 14 éléments radioactifs associés à l'uranium 238 émettent en se désintégrant des particules de type **alpha** ou **bêta**, et dans certains cas des rayonnements très pénétrants appelés **rayonnements gamma**. C'est le cas en particulier des éléments qui apparaissent en grisé dans le tableau page précédente.

La situation est comparable pour les minéraux ayant une forte concentration en thorium 232.

Ces radiations alpha, bêta et gamma sont des rayonnements ionisants, c'est-à-dire qu'ils transportent suffisamment d'énergie pour pouvoir créer des ionisations dans la matière qu'ils traversent.

En atteignant notre organisme et en perdant une partie de cette énergie dans les tissus, ils peuvent créer des lésions pouvant aboutir à des conséquences sanitaires (une augmentation des risques de cancer et d'autres pathologies sur le long terme, l'apparition d'anomalies génétiques<sup>1</sup> sur la descendance des personnes exposées, etc.).

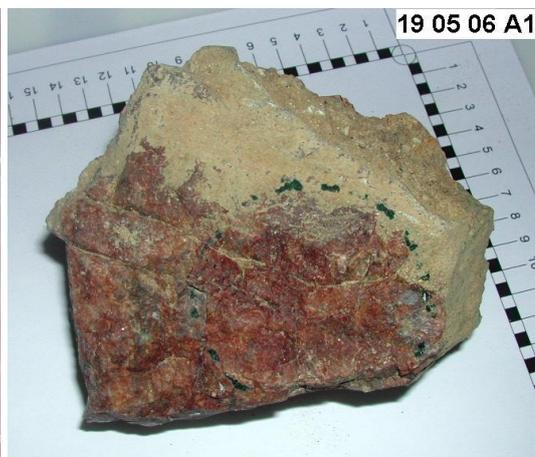
La présence de minéraux uranifères peut augmenter fortement les doses de radiation subies et donc les risques pour la santé.

## Comment savoir si des minéraux sont radioactifs ?

En réalité, pratiquement tous les minéraux sont radioactifs, ils contiennent couramment des traces d'uranium, thorium ou potassium 40, comme tous les constituants de l'écorce terrestre.

La question n'est donc pas de savoir s'ils sont radioactifs, mais plutôt de déterminer s'ils sont anormalement radioactifs. C'est donc une question de concentration (teneur) en ces différents éléments.

## Minéraux radioactifs ayant déclenché l'alarme d'un portique de détection et remis par la CRIIRAD à l'ANDRA



<sup>1</sup> Lorsque les gonades sont exposées aux radiations.

On peut se reporter (lorsqu'on le connaît) au nom du minéral et vérifier sa composition chimique dans un ouvrage spécialisé.

Par exemple, la cuprosklodowskite a pour formule chimique :  $\text{Cu}(\underline{\text{U}}\text{O}_2)_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Elle contient donc l'élément U (uranium) et sera nécessairement radioactive.

Les minéraux comme l'**autunite** ou la **pechblende** contiennent de l'uranium 238. Les **zircons et la monazite** sont souvent riches en thorium 232.

En fait tous les minéraux qui présentent des teneurs significatives en éléments U (uranium) et Th (thorium) sont radioactifs car tous les isotopes de l'uranium et du thorium sont radioactifs.

Mais ce n'est pas parce qu'un échantillon contient les éléments uranium (U) et thorium (Th), que son niveau de radioactivité pose problème, c'est une question d'activité massique (concentration en éléments radioactifs, exprimée en Bq/kg) et de quantité de matière (masse de l'échantillon).

La **couleur** des minéraux peut être un indice, l'autunite par exemple est de couleur jaune, certaines minéralisations uranifères sont de couleur verte, d'autres rouges, mais il existe de nombreux minéraux colorés qui ne sont pas radioactifs. A l'inverse certaines roches radioactives n'ont pas de coloration spécifique.

Dans le doute, si l'on n'est pas géologue ou minéralogiste, il est facile de vérifier le niveau de rayonnement émis par un minéral au moyen d'un **radiamètre**. Il existe sur le marché des **compteurs Geiger** fiables, peu coûteux et faciles d'utilisation. L'uranium et le thorium naturel émettant à la fois des rayonnements alpha, bêta et gamma, on peut utiliser un radiamètre sensible à l'un ou l'autre de ces rayonnements. Les radiamètres les plus robustes et les moins onéreux sont en général sensibles aux rayonnements bêta-gamma.

Selon le type de radiamètre, les résultats sont donnés en **coup par seconde (c/s)** ou en **débit de dose ( $\mu\text{Sv/h}$  – microSievert par heure)**.

Pour effectuer un contrôle préliminaire, l'unité de mesure n'a pas beaucoup d'importance, puisque l'on va chercher simplement à comparer le taux de radiation naturel du lieu où l'on fait la mesure (en l'absence de l'échantillon à contrôler) avec le niveau obtenu au contact de l'échantillon.

On mesure d'abord le niveau naturel de radiation (ou bruit de fond) dans la pièce.

On effectue ensuite le même type de mesures, au même endroit, mais en posant l'échantillon contre le radiamètre. Certains minéraux étant très radioactifs, il est prudent de faire des mesures d'abord à quelques mètres de l'échantillon, puis en s'approchant progressivement. Si on obtient un résultat nettement supérieur au bruit de fond à distance de l'échantillon, il n'est pas forcément indispensable de s'approcher trop près.

Si le relevé effectué à proximité ou au contact de l'échantillon est significativement supérieur au bruit de fond (disons plus de 50 %), c'est que le minéral augmente le niveau de radiation.

Il est donc radioactif. Cela ne signifie pas forcément qu'il est dangereux de le conserver, c'est une question de dose, comme nous allons le détailler ci-dessous.

## Qu'est ce que l'irradiation ou exposition externe et comment la réduire ?

### Notion d'exposition externe et de parcours des radiations

On appelle exposition externe, l'exposition aux radiations induites par une source située à l'extérieur du corps humain (par exemple un échantillon minéral).

Le niveau de risque dépend alors de la capacité qu'ont les radiations émises par la source à traverser l'air ambiant et à atteindre la personne proche de la source.

Les distances de parcours maximal des radiations alpha et bêta dans divers matériaux sont reportées dans le tableau 1 ci-dessous. Il s'agit de la distance au bout de laquelle les radiations sont totalement arrêtées.

Pour les rayonnements gamma, il s'agit de la profondeur de pénétration dans un milieu, telle qu'après la traversée de ce milieu, l'intensité du rayonnement est divisée par 2.

**Tableau 1 / Parcours dans la matière des rayonnements alpha, bêta et gamma**

			Parcours maximal dans divers milieux traversés		
Radionucléides	Type de radiation	Energie maximale des rayonnements émis	Air	Eau (corps humain)	Aluminium
Uranium 238	alpha	3,2 MeV	2,5 cm	0,03 mm	0,02 mm
Plutonium 239	alpha	5,2 MeV	3,5 cm	0,04 mm	0,02 mm
Césium 137	bêta	1,2 à 1,3 MeV	3,8 m	4,3 mm	2,1 mm
Potassium 40					
Tritium	bêta	18,6 keV	1 cm	0,02 mm	0,009 mm
			Distance au bout de laquelle l'intensité du rayonnement est divisée par 2		
Césium 137	gamma	662 KeV	61 m à 120 m	7 cm à 14 cm	3 cm à 6 cm
Potassium 40		1,5 MeV			

Les radiations **alpha** ont un faible pouvoir de pénétration (quelques centimètres dans l'air). Il est exact qu'elles sont arrêtées par une feuille de papier à cigarettes ou un simple sachet de plastique. En l'absence de microlésions de la peau, les particules alpha émises depuis la surface de la peau n'exposent que les couches mortes de l'épiderme.

Les rayonnements **bêta** sont plus pénétrants. Ils peuvent parcourir plusieurs mètres dans l'air mais ils sont assez rapidement arrêtés par la matière dense (par exemple 2 mm d'aluminium). Ils peuvent atteindre les cellules souches de l'épiderme.

Des gants de plastique n'offrent qu'une très faible protection contre ce type de radiation. La meilleure protection est alors de conserver les minéraux derrière une vitrine en verre ou en plexiglass et de les manipuler le moins possible.

Les rayonnements **gamma** sont de loin les plus pénétrants. Ils peuvent parcourir plusieurs dizaines de mètres dans l'air et il faut des épaisseurs de plusieurs centimètres d'aluminium pour les atténuer partiellement.

Manipuler des échantillons de minéraux radioactifs avec des gants reste indispensable pour limiter les risques de contamination mais cela ne diminue que faiblement la dose à la peau.

### Des risques parfois très importants

La vérification du niveau de rayonnement gamma à proximité de minéraux est une précaution utile car, dans certains cas, les risques peuvent être significatifs.

Le niveau de radiation le plus élevé mesuré par la CRIIRAD sur des minéraux à ce jour concerne un morceau de minerai uranifère conservé par une habitante de Saint-Priest-La-Prugne dans la Loire, au niveau de ses plates-bandes (cf. photographie ci-dessous).

Le débit de dose au contact mesuré en juillet 2002 était de 1 milliSievert par heure (dose Hp10), soit une valeur 5 000 fois supérieure au bruit de fond naturel du lieu.

A la demande de la CRIIRAD, cet échantillon a été pris en charge par l'ancien exploitant minier (COGEMA-AREVA).

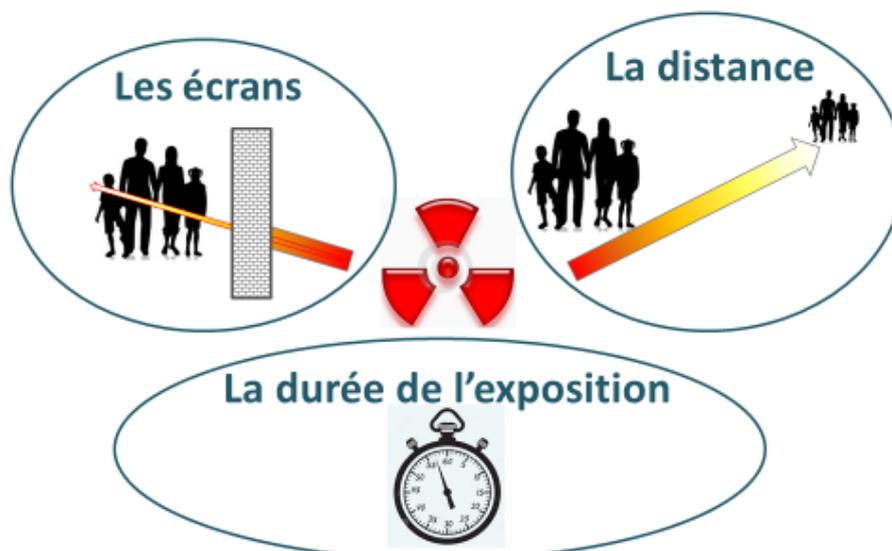
**Gros plan sur le minéral uranifère et localisation dans les plates-bandes  
(CRIIRAD, 2002 à Saint-Priest-la-Prugne)**



**Comment réduire les risques ?**

Il y a essentiellement 3 manières de limiter les doses subies par exposition externe :

**Les 3 moyens de protection  
contre l'irradiation externe**



## 1 / L'interposition d'écrans

Il est recommandé de conserver les minéraux dans un bocal de verre, ou une boîte métallique.

A épaisseur égale, un des matériaux les plus efficace est le plomb, mais il pose par contre à son tour des problèmes de toxicité chimique.

Comme illustré dans la séquence vidéo, une plaque de 5 mm de verre permet de diviser par 26 à 40 le taux de radiation alpha-bêta-gamma émis par un morceau de minerai uranifère qui passe de 800 c/s à 20-30 c/s (pour un niveau naturel inférieur à 2 c/s dans la pièce où est faite la mesure). Ceci est dû à l'arrêt complet des particules alpha et à la forte atténuation des particules bêta.

Mais la plaque de verre ne diminue que de 30 % le flux de rayonnement gamma qui passe de 3 000 c/s à 2000 c/s (pour un niveau naturel inférieur à 100 c/s dans la pièce où est faite la mesure).

Note : dans ces deux exemples, on remarque que le taux de comptage exprimé en coups par seconde (c/s) n'est pas le même pour les deux appareils utilisés. Ceci est dû au fait qu'ils ne sont pas de même nature, n'ont pas des détecteurs de même type et de même taille et ne mesurent pas le même type de radiations. Des mesures en coups par seconde sont à utiliser à titre comparatif.

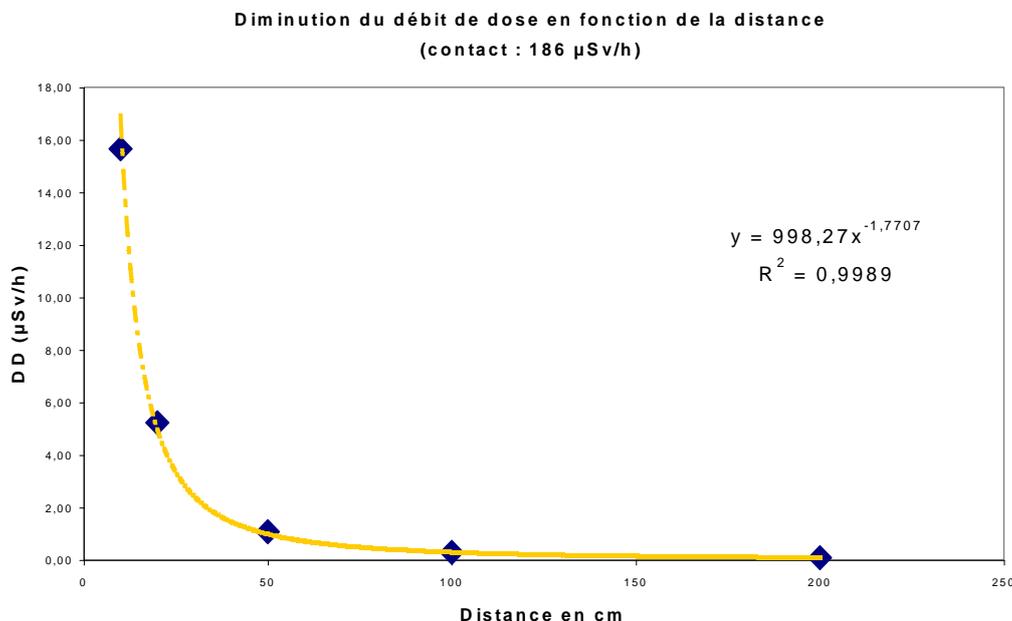
Pour des personnes exposées régulièrement à des minéraux très radioactifs, il peut être conseillé de porter un tablier de protection renforcé et des lunettes spéciales pour limiter l'irradiation du cristallin.

## 2 / Augmentation de la distance entre le minéral et la personne.

Schématiquement, le niveau de radiation gamma émis par un objet de petite taille décroît comme l'inverse du carré de la distance. A 2 mètres, le débit de dose est  $2^2 = 4$  fois plus faible qu'à 1 mètre.

On peut donc envisager de conserver les minéraux derrière une vitre à condition de vérifier au moyen d'un radiamètre que la distance entre le minéral et la vitrine soit suffisante pour que le niveau de rayonnement résiduel soit négligeable. Pour les minéraux les plus radioactifs, il peut être utile de recommander une certaine distance de sécurité entre la vitre et l'observateur.

Le graphique ci-dessous illustre l'influence de la distance sur le débit de dose gamma (mesures CRIIRAD).



## 3 / la limitation du temps passé à proximité des minéraux radioactifs.

C'est la dose cumulée qui doit être considérée pour évaluer les risques. Il est donc important de ne pas installer les minéraux à proximité d'un lieu où l'on passe beaucoup de temps cumulé sur l'année, par exemple dans une chambre à coucher ou une pièce de vie.

Dans l'exemple de cette habitante du village de Saint-Priest-La-Prugne dans la Loire qui conservait dans la plate-bande de son jardin un morceau de minerai radioactif, le débit de dose mesuré par la CRIIRAD à 1 mètre de l'objet était de 18,3 microSieverts par heure soit une valeur 90 fois supérieure au niveau naturel local (environ 0,2 microSievert par heure).

Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, une personne qui stationne une heure à 1 mètre de cet objet reçoit une dose de 18 microSieverts. A titre de comparaison la directive Euratom 96/29 retient la valeur de 10 microSieverts par an comme valeur au-delà de laquelle une exposition n'est pas négligeable sur le plan sanitaire. Une heure de présence à 1 mètre suffit à dépasser cette valeur.

Une personne qui passe 10 minutes par jour, à 1 mètre de ces minéraux, chaque jour de l'année, cumulera une dose supérieure à 1 000 microSieverts par an, c'est-à-dire à la dose maximale annuelle admissible pour le public qui correspond au sens de la réglementation européenne et française à des risques sanitaires inacceptables.

#### Evaluation de la dose subie en restant à 1 mètre des minéraux radioactifs

(a) Débit de dose naturel local	0,2 µSv/h
(b) Débit de dose à 1 mètre des minéraux	18,3 µSv/h
(d) Débit de dose ajouté = b-a	18,1 µSv/h

#### Dose ajoutée pour une exposition à 1 mètre

Exposition de 1 minute	0,30 microSievert
Exposition de 30 minutes	9,05 microSievert
Exposition de 1 heure	18,1 microSievert
Exposition de 10 minutes par jour pendant 1 mois	90,5 microSievert
Exposition de 10 minutes par jour pendant chaque jour de l'année	1 101,8 microSievert

#### Quels sont les risques liés à l'inhalation du radon et comment les réduire ?

L'expérience de la CRIIRAD concernant les collections de minéraux radioactifs a confirmé que le risque radon est un paramètre qui ne doit pas être négligé. Les minéraux radioactifs uranifères et thorifères constituent une source continue de radon et de thoron.

S'agissant du radon, la meilleure manière d'éviter son accumulation est de conserver les minéraux dans une pièce aérée voire ventilée.

L'aération régulière de la pièce, par exemple chaque matin, fera systématiquement chuter la concentration en radon en remplaçant l'air intérieur par de l'air frais, puisé à l'extérieur, où les concentrations en radon 222 sont le plus souvent de l'ordre d'une dizaine de Bq/m<sup>3</sup>.

Bien entendu l'apport de radon par les minéraux radioactifs dépend de la quantité et de l'activité des minéraux, du volume de la pièce et de son niveau d'aération.

La CRIIRAD a pu constater dans une petite pièce pourtant parfaitement ventilée une multiplication par cinq de l'activité volumique moyenne du radon 222 lors de l'introduction d'une collection de quelques kilogrammes de minéraux radioactifs pourtant emballés en sachets plastique. Le radon a en effet la capacité de diffuser à travers les plastiques courants. De ce point de vue, la conservation des minéraux en bocal de verre ou boîte métallique étanche à l'air réduit fortement les taux d'exhalation de radon.

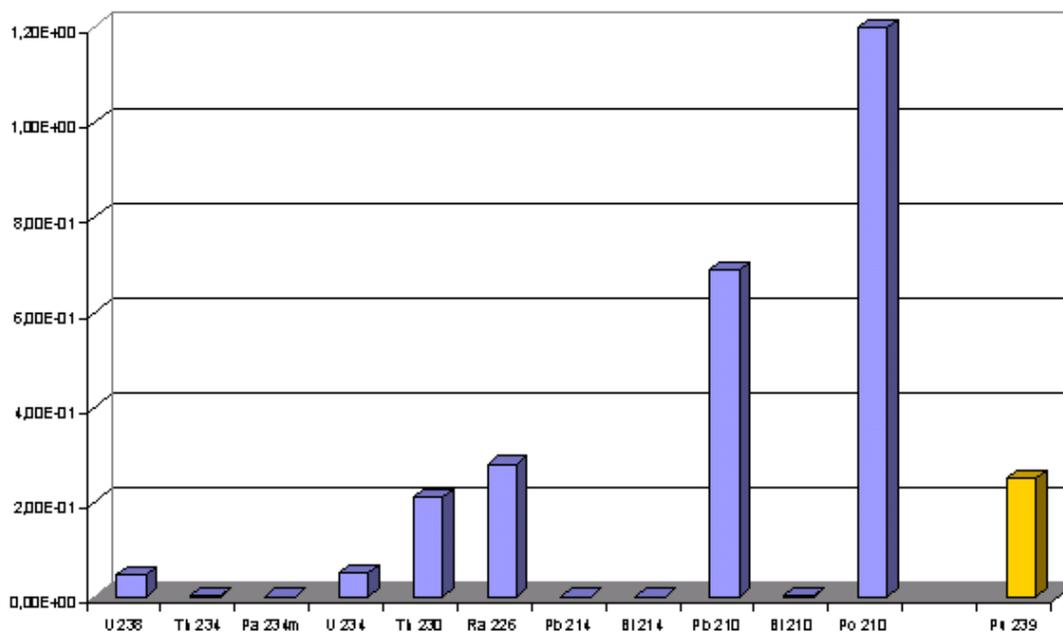
#### Quels sont les risques d'ingestion ou d'inhalation de poussières radioactives et comment les réduire ?

L'inhalation (ou l'ingestion) de poussières d'uranium ou de thorium issues de la désagrégation des minéraux sont également des risques à prendre en considération. En effet, sous l'effet des radiations alpha, très puissantes à courte distance, la matrice cristalline se désagrège progressivement.

Or certains des radionucléides associés à l'uranium 238 ou au thorium 232 sont parmi les éléments les plus radiotoxiques par ingestion (comme le plomb et le polonium 210) ou par inhalation (comme le thorium 230 et le thorium 232).

Le graphique ci-dessous montre par exemple que les facteurs de dose par ingestion pour le radium 226, le plomb 210 et le polonium 210 (présents dans les minéraux uranifères) sont supérieurs à ceux du plutonium 239.

**Coefficients de dose par ingestion de radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 et comparaison avec le plutonium (facteur de dose pour un adulte en  $\mu\text{Sv/Bq}$  / Arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003)**



Pour l'entreposage et les manipulations des minéraux, des précautions particulières doivent être prises pour limiter le risque d'incorporation (inhalation et ingestion) de poussières radioactives :

- Conserver les minéraux dans un sac plastique ou mieux un bocal en verre ou une boîte métallique étanche à l'air,
- Ne pas briser, casser, percer les minéraux,
- Ne pas les entreposer ou les manipuler dans un lieu où l'on mange,
- Ne pas fumer, boire ou manger pendant les manipulations,
- Porter des gants jetables pour les manipulations et se laver les mains après l'opération,
- Porter une blouse lors des manipulations des minéraux,
- Pour des manipulations spécifiques, porter un masque retenant les poussières (avec si possible une cartouche à charbon actif pour limiter l'inhalation de radon).

### Comment se débarrasser des échantillons de minéraux uranifères ?

Dans le cas où les minéraux sont réellement radioactifs, et où on souhaite s'en séparer, il ne faut pas les jeter à la poubelle. Ceci conduirait en effet à exposer inutilement les personnels en charge de la collecte et du traitement des ordures ménagères.

Depuis quelques années, les décharges (appelées désormais CET ou CSDU) sont équipées de portiques de détection de radioactivité en entrée de site.

Il arrive que ces portiques déclenchent une alarme du fait de la présence de minéraux radioactifs abandonnés. La CRIIRAD est intervenue à plusieurs reprises lors d'alarmes de ce type. Si le propriétaire est retrouvé, le gestionnaire de la décharge peut lui demander de régler les frais induits par l'alarme, la collecte et l'élimination des minéraux (le montant peut dépasser le millier d'Euros).

Depuis fin 2006, l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) dispose d'un budget spécifique pour la prise en charge des objets radioactifs détenus par des particuliers. L'ANDRA nous a indiqué que pour des minéraux de typologie connue et en nombre limité, la prise en charge est gratuite. Pour des minéraux atypiques et/ou en quantité significative, une caractérisation préalable est nécessaire et l'ANDRA doit déposer un dossier de subvention auprès de la CNAR (Commission Nationale des Aides dans le domaine *Radioactif*).

Il est donc vivement recommandé de contacter cet organisme pour vérifier les conditions de prise en charge des minéraux radioactifs.

Il est préférable d'accompagner la demande d'un descriptif des minéraux (taille, nature, couleur, provenance) et de photographies.

Pour joindre l'ANDRA : [poleap@andra.fr](mailto:poleap@andra.fr) et téléphone : 01 46 11 81 73.

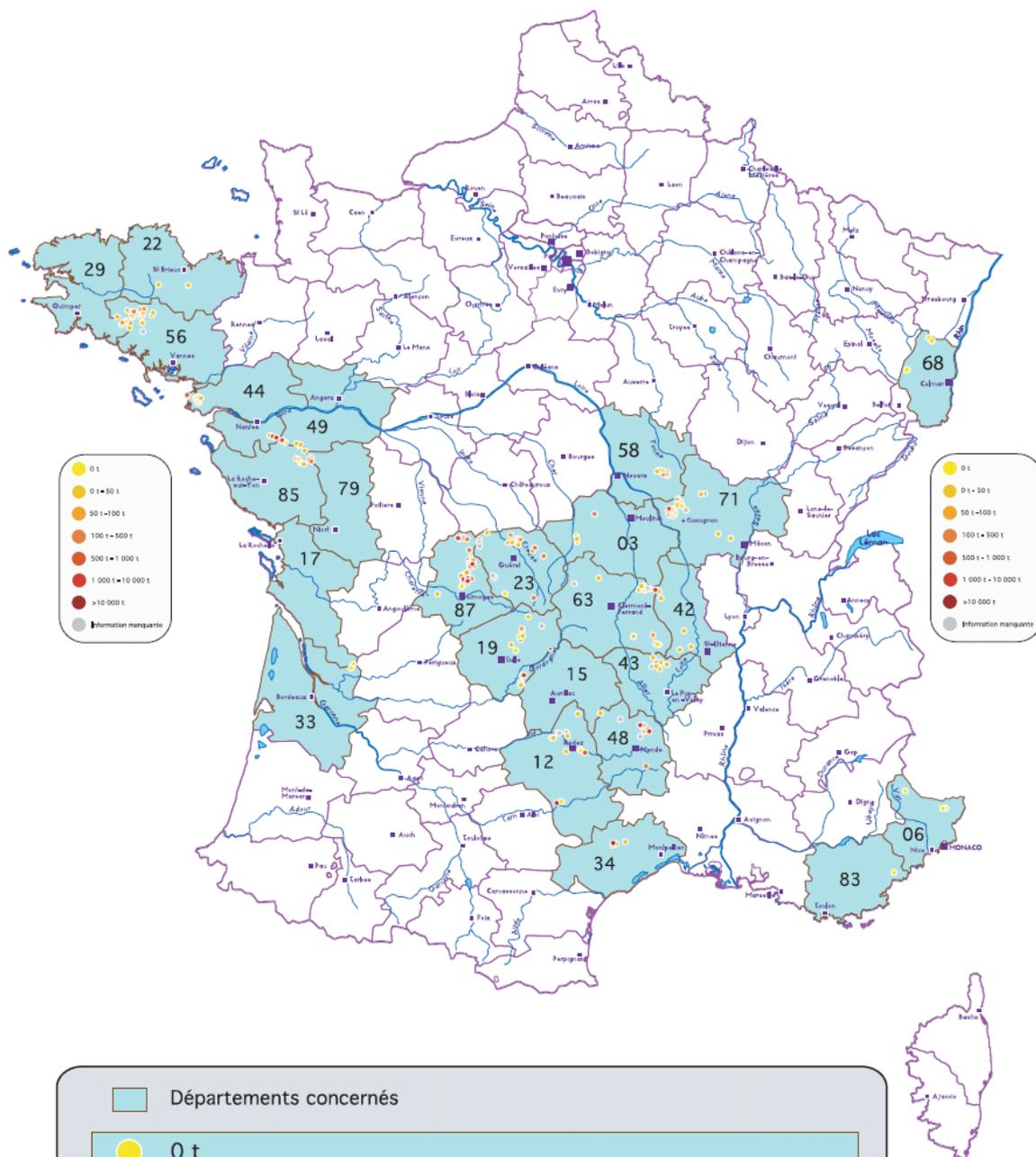
Rédaction : Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, directeur du laboratoire de la CRIIRAD.

Contact : [bruno.chareyron@criirad.org](mailto:bruno.chareyron@criirad.org)

*Note : Depuis le début des années 90, grâce aux cotisations versées par ses adhérents, la CRIIRAD a pu conduire un travail d'enquête et de sensibilisation sur les risques liés aux minéraux radioactifs. La réalisation de cette fiche et de la vidéo qui l'accompagne a bénéficié en outre du soutien financier de la Région Rhône-Alpes (projets « objets radioactifs » dans le cadre de la convention pluriannuelle d'objectifs 2014-2016) signée avec la CRIIRAD.*



## Annexe 1 / carte de France des mines d'uranium



Départements concernés

<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border-radius: 50%;"></span>	0 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FFFACD; border-radius: 50%;"></span>	> 0 t - 50 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border-radius: 50%;"></span>	> 50 t - 100 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FFA07A; border-radius: 50%;"></span>	> 100 t - 500 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FF6347; border-radius: 50%;"></span>	> 500 t - 1 000 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000; border-radius: 50%;"></span>	> 1 000 t - 10 000 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #800000; border-radius: 50%;"></span>	>10 000 t
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #D3D3D3; border-radius: 50%;"></span>	Information manquante

Les couleurs indiquent la masse d'uranium (et non pas de minerai d'uranium) extraite des mines concernées. Le minerai français contenait en moyenne 0,14 % d'uranium.