

Les minéraux radioactifs

Musées, salon aux minéraux, internet

Une information à poursuivre



Noémy MOLLARET

Sorbonne Université / Bibliothèque pole collections « scientifique et patrimoine »

et Marc AMMERICH

Membre des Commissions Histoire, Enseignement

Congrès national de la SFRP – La Baule– 17 au 19 juin 2025

Sommaire

Origine des minéraux radioactifs

Les points réglementaires

Une formation pas adaptée

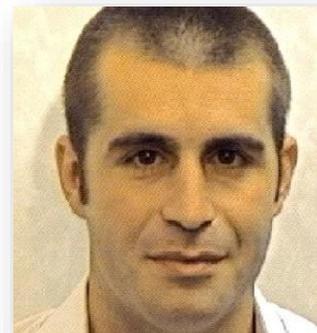
Les Musées

Les visiteurs

Et le radon dans tout ça

Des problèmes encore à traiter

Remerciements à Nicolas BENOIT
de l'ANDRA



Origine des minéraux radioactifs

On trouve dans la nature des minerais et minéraux radioactifs. Ils sont principalement des composés à base :

- d'uranium (U) tel la pechblende ou encore la torbernite, l'autunite, des minéraux biens connus des collectionneurs et assez souvent esthétiques.
- de thorium (Th) tel la thorite, la thorianite.

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).

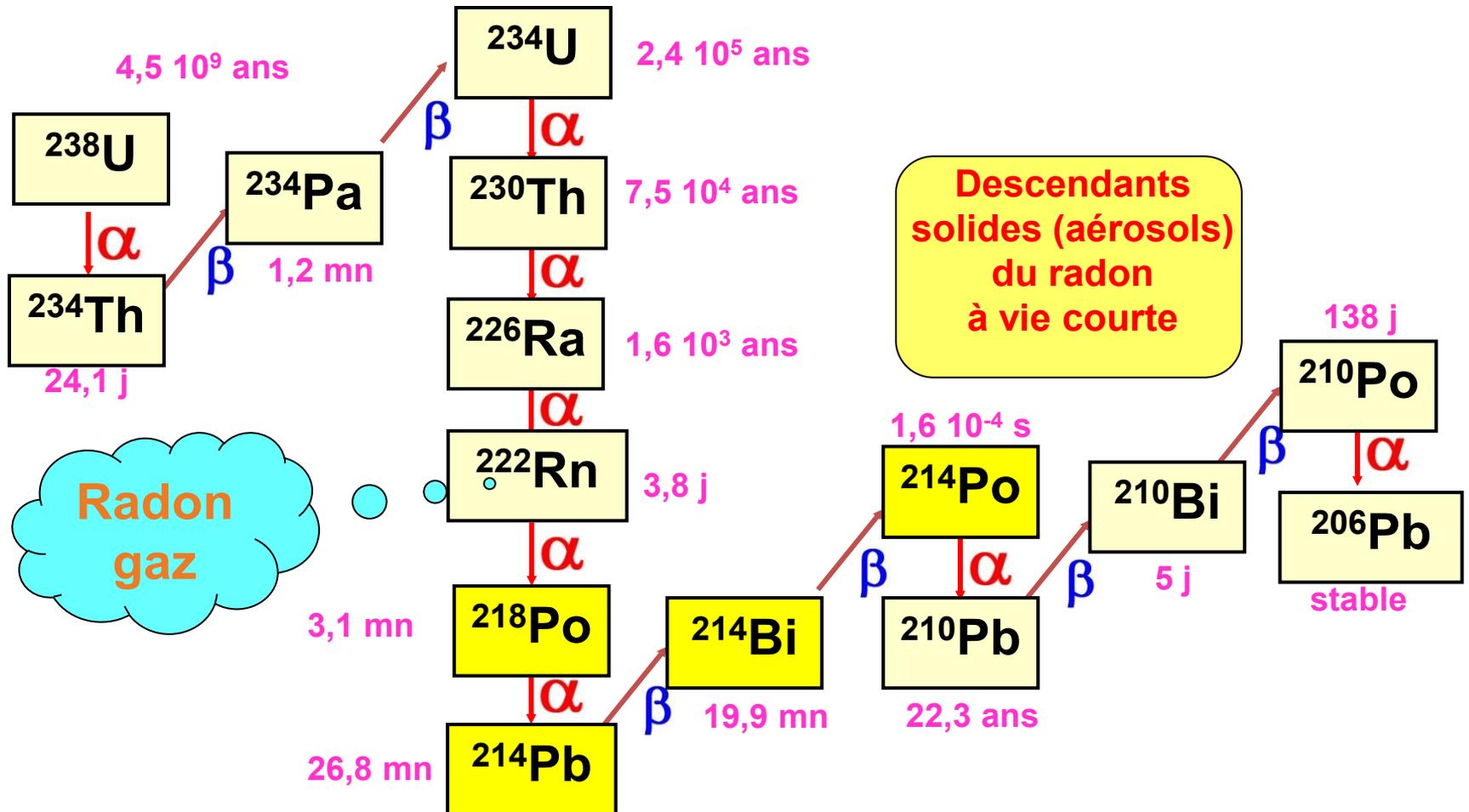
On peut avoir une exposition externe, dû en particulier à l'émission des rayonnements gamma.

On peut avoir de la dispersion de matière et potentiellement un risque de contamination.

Enfin pour l'uranium, un de ses descendants, est le radon (radon-222) d'où une exposition interne possible.

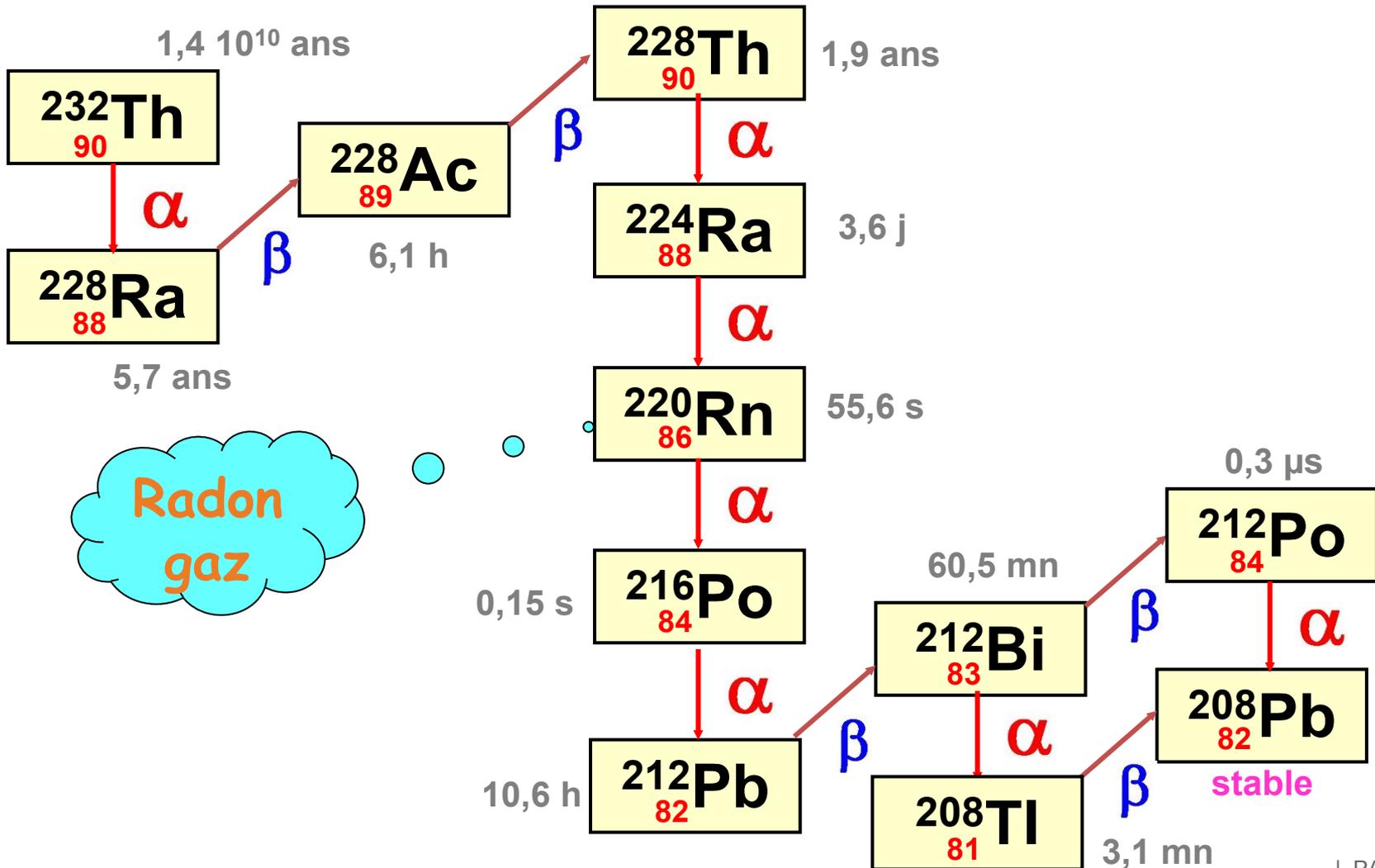
Les minéraux radioactifs

Encore du travail...



Les minéraux radioactifs

Encore du travail...



Quelques minéraux radioactifs



Torbernite



Monazite



Autunite



Uranocircite



Zippéite



Metatorbernite



Uraninite



Carnotite

Remerciement à Emmanuel Huberty

Les minéraux radioactifs

Encore du travail...



Sa couleur jaune rend facilement identifiable l'autunite, qui renferme naturellement de l'uranium (Source: MNHN/Galerie de minéralogie/D. Bayle).

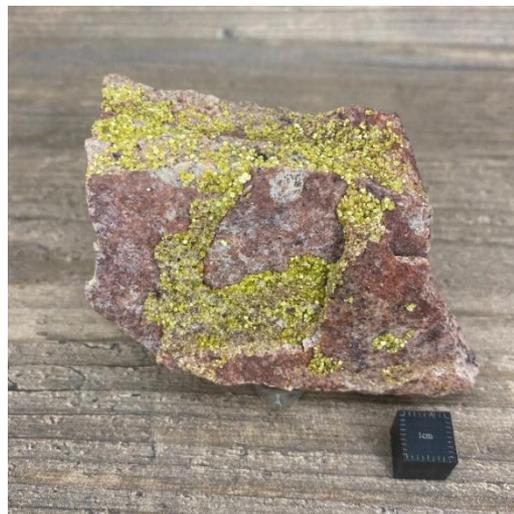
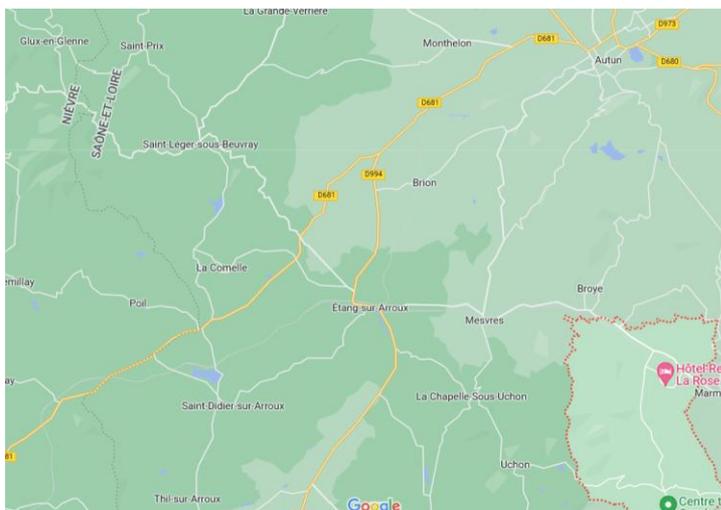


La monazite est la source principale de thorium, un métal radioactif (Source: Wikimedia Creative Commons/Aangelo).



Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Joseph-François de Champeaux de La Boulaye découvre en 1800, dans le bassin autunois, à Saint-Symphorien-de-Marmagne, pas très loin du Creusot, la présence de paillettes d'uranium oxydé, qui prend le nom d'Autunite.



Il est en conséquence, “l’inventeur” du premier échantillon minéral d’uranium radioactif découvert en France.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Plage de Guarapari au Brésil:



Le sable de la plage a tendance à concentrer les éléments lourds un peu à la façon des batées des prospecteurs d'or.

Le ballottement et le lavage naturels par les vagues retirent tout le limon et l'argile du sol. Ceci concentre les particules plus denses restantes dans le résidu sablonneux.



Puisque la plupart des matières radioactives naturelles ont un grand nombre de masse atomique, ils forment des composés très denses (et donc lourds).

La dose efficace moyenne annuelle reçue par les habitants de Guarapari est de l'ordre de 6,4 mSv/an, principalement due à l'exposition externe. Les mesures ponctuelles font apparaître une variation importante du débit de dose de 1 microGy/h jusqu'à 20 microGy/h en certains points des plages

Points réglementaires

« Section 2 « Protection contre l'exposition à des sources naturelles de rayonnements ionisants

« Sous-section 2 « Réduction de l'exposition aux matières contenant des radionucléides naturels en concentration significative

« Article R. 1333-37. – I. – Lorsque les services compétents de l'Etat, l'Agence régionale de santé ou l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection disposent d'éléments montrant qu'une activité professionnelle est **susceptible d'utiliser des substances radioactives d'origine naturelle**, l'autorité compétente peut demander au responsable de cette activité une caractérisation radiologique des matières, produits, résidus ou déchets susceptibles de contenir des substances radioactives d'origine naturelle.

« III. – Lorsque la quantité de substances radioactives est inférieure à **une tonne** et que ces substances sont d'origine naturelle, l'activité ou l'installation **est exemptée** de contrôle réglementaire, y compris de l'application des régimes mentionnés aux articles L. 1333-8 et L. 1333-9.

Point d'interprétation notable :

Lorsque la quantité de substances radioactives est inférieure à **une tonne** ?

Une tonne d'éléments radioactifs ?

Une tonne de roches et minéraux ?

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Au risque de décevoir les détenteurs, je crains qu'il faille engager le processus par rapport aux « cailloux » détenus et pas à la quantité de radioactivité.

Et même avec une masse inférieure à la tonne on peut avoir des débits d'équivalent de dose significatifs.

L'ANDRA a déjà eu l'occasion de trouver chez des particuliers des roches radioactives dont la masse dépasse la tonne. Certes après information à L'ASNR, une lettre est envoyée aux détenteurs. **Mais ça s'arrête là...**

Et après ?

Si on reprend le code de la santé publique (partie législative)
Section 1 – Principes généraux

Article. L. 1333-3

Doivent être justifiées, en ce sens qu'elles doivent présenter plus d'avantages que d'inconvénients, les décisions d'engager les actions destinées à :

3° Prévenir ou réduire un risque lié à une exposition à une source naturelle de rayonnements ionisants.

Le principe d'optimisation est appliqué à ces décisions prioritairement lorsque l'exposition de la population est supérieure aux niveaux de référence définis par voie réglementaire, et continue à être appliqué en dessous de ces niveaux.

Il s'applique de la même manière lors de la mise en œuvre des actions engagées par les personnes intervenant dans les situations définies 3°.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Sont exclues des expositions à des sources naturelles de rayonnements ionisants mentionnées au 3° celles résultant de la présence de radionucléides naturels dans le corps humain, des rayonnements cosmiques au niveau du sol, et des rayonnements provenant de radionucléides, autres que le radon, présents dans la croûte terrestre non perturbée.

Point intéressant car, est-ce que les échantillons minéralogiques ne proviennent pas de la croûte terrestre perturbée ?? Réponse d'un géologue qui travaille avec Hugo BORDET spécialisé dans les collections minéralogiques : OUI. C'est une perturbation. Donc il n'y a pas d'exclusion pour les échantillons minéralogiques.

Si on prend le code du travail :

« Article R. 4451-1. – I. – Les dispositions du présent chapitre s'appliquent dès lors que les travailleurs, y compris les travailleurs indépendants, sont susceptibles d'être exposés à un risque dû aux rayonnements ionisants d'origine naturelle ou artificielle.

Elles s'appliquent **notamment** :

«3°) Aux activités humaines impliquant la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants qui entraînent une augmentation notable de l'exposition des travailleurs, et **en particulier** :

«b) Aux activités ou catégories d'activités professionnelles traitant des matières contenant naturellement des substances radioactives non utilisées pour leur propriété fissile dont la liste est fixée à l'article D. 515-110-1 du code de l'environnement ;

Il y a donc un travail de caractérisation à mener complètement avec l'identification des radionucléides (uranium et ses descendants surtout) et les valeurs d'exposition du public et des travailleurs, avec un travail d'optimisation à réaliser.

S'il y a des entreprises prestataires (exemple personnel de ménage), il faut rédiger un plan de prévention, avec toutes les explications nécessaires.

Article R. 4451-35

I. – Lors d'une opération exécutée par une entreprise extérieure pour le compte d'une entreprise utilisatrice, le chef de cette dernière assure la coordination générale des mesures de prévention qu'il prend et de celles prises par le chef de l'entreprise extérieure, (art R. 4511-5 et suivants).

Plan de prévention (PDP)

■ 400 heures

Art R. 4512-7

■ Travaux dangereux (rayonnements ionisants)

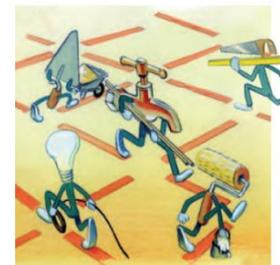
Renseignements relatifs à l'opération (EE, EU),

Organisation des secours, qualifications requises par les salariés, moyens mis à dispositions

Analyse de risque

Mesures de prévention

Moyens mis en place pour le suivi du PdP, sa réactualisation et son application effective sur le terrain.



Intervention
d'entreprises extérieures

Autre point réglementaire ignoré :

Arrêté du 27 décembre 2022 relatif aux modalités de suivi physique, de comptabilité et de déclarations comptables des matières nucléaires, pris en application des articles R. 1333-3-2 et R. 1333-11 du code de la défense, pour les activités qui ne sont pas soumises à l'autorisation prévue à l'article R. 1333-4 du même code

Les minéraux radioactifs

Encore du travail...

Art. 1er. – I. – Le présent arrêté s'applique à toute personne, physique ou morale, appelée «déclarant comptable», exerçant une activité d'élaboration, de détention, de transfert, d'utilisation des matières nucléaires, définies au 1° du II de l'article R. 1333-1 du code de la défense et qui n'est pas soumise à autorisation en application de l'article R. 1333-4 de ce code.

II. – Il ne s'applique pas aux minerais dont la concentration est inférieure aux taux suivants:

- pour les minerais uranifères: taux de concentration moyenne de 0,1 % en uranium;
- pour les minerais thorifères: taux de concentration moyenne de 3 % en thorium;
- pour les monazites: taux de concentration moyenne de 10 % en thorium et de 0,1 % en uranium;

Et donc certains détenteurs de minéraux devraient établir une déclaration au haut fonctionnaire de défense

Art. 5. – Est soumise à une obligation de déclaration comptable annuelle toute personne qui détient, pour une activité donnée exercée sur un même lieu, des matières nucléaires en quantités suivantes :

- pour l'uranium naturel: 100 kg d'uranium total ou moins;
- pour l'uranium appauvri: 350 kg d'uranium total ou moins;
- pour le thorium à l'exception des alliages contenant moins de 5 % en masse de thorium: 200 kg de thorium total ou moins.

Une formation PCR pas adaptée

Quand on regarde les contenus pour le niveau I secteur «rayonnements d'origine naturelle», recouvrant les activités mentionnées au a) du 3° de l'article R. 4451-1 du code du travail et celles mentionnées au 4° du même article.

Cela ne correspond pas aux problèmes rencontrés :
En particulier le cas de minéraux qui se dispersent facilement (poudre) avec une potentielle exposition interne.

Il semble nécessaire de suivre une formation de niveau II
Mais, mais, mais...

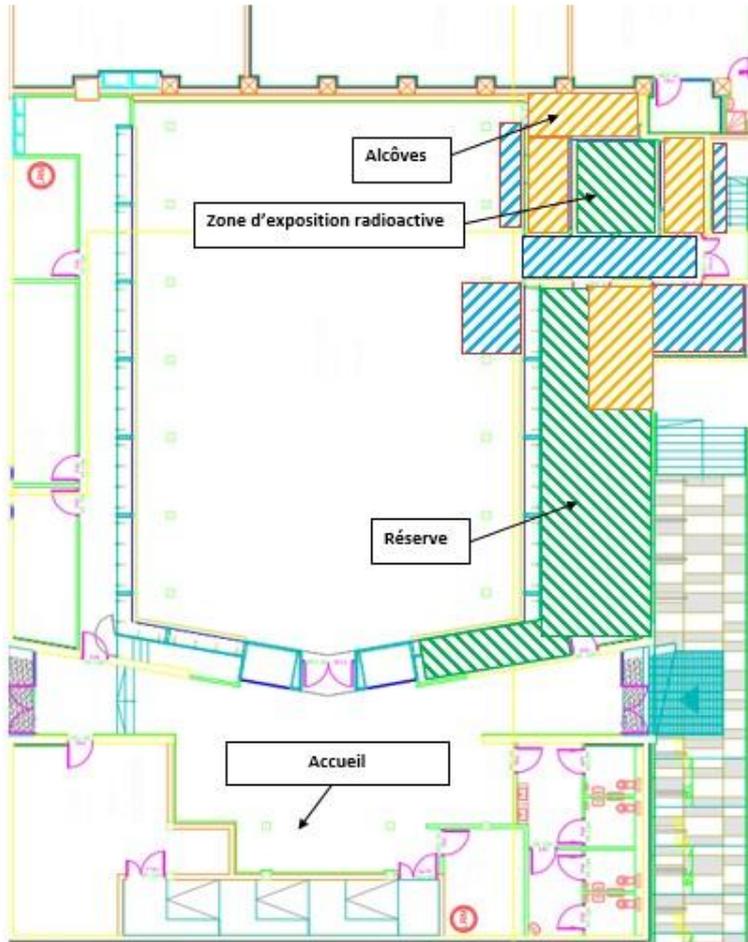
On traite rarement de ce sujet dans ces formations.
Encore faut-il que le formateur ait une vague idée de ce genre de problème !

Il conviendrait donc de prendre en compte cette particularité ou que certains organismes de formation (il y en a qui traite du sujet) évoquent ces points.

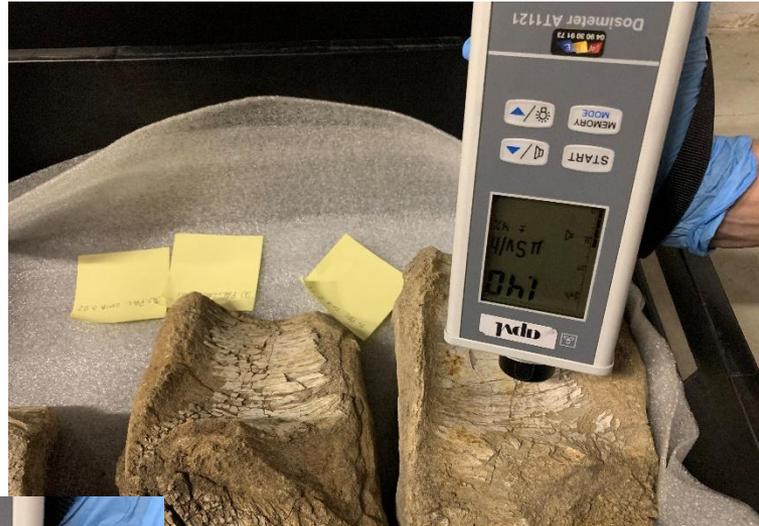
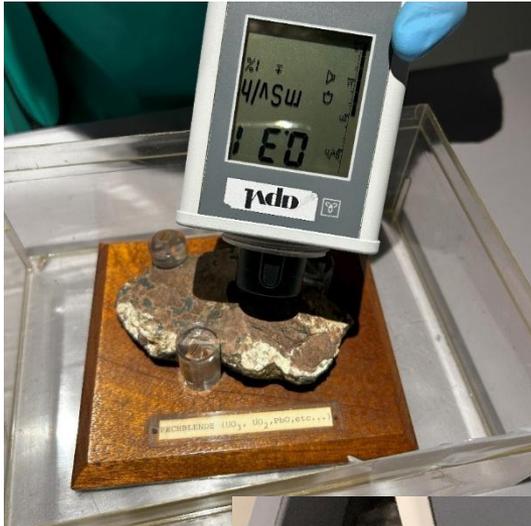
Les Musées



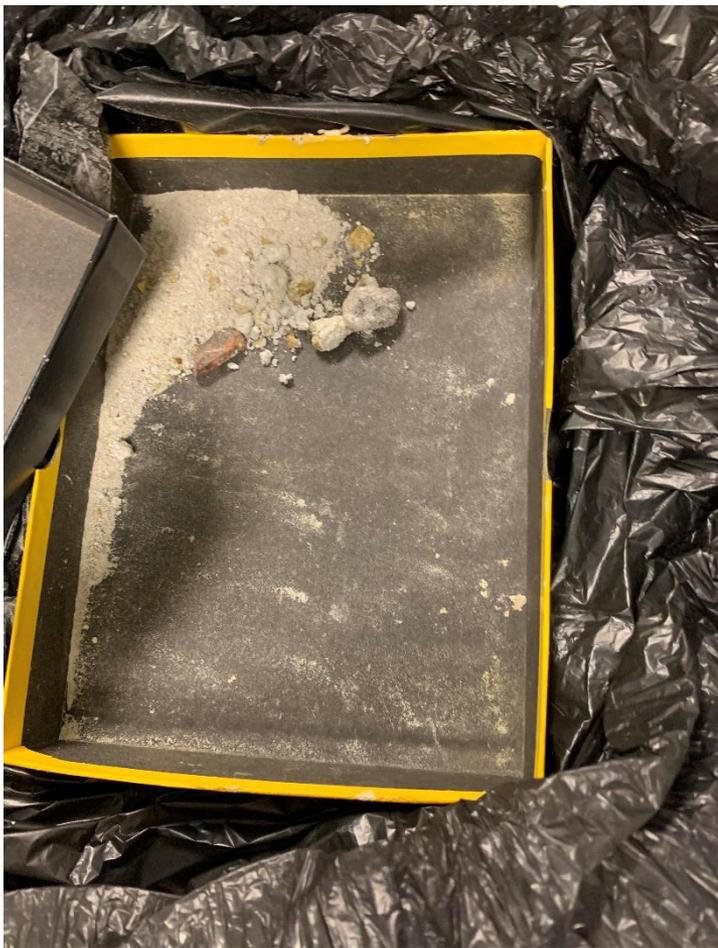
Exposition des travailleurs



Exemples de mesures



Risques de contamination



Fossiles pulvérulents : risque d'ingestion, d'inhalation de poussière radioactive

Risque d'exposition interne élevée

>200 nSv/h : spécimens radioactifs

Valeur maximale : 10 μ Sv/h

Risque d'exposition externe faible



L'utilisation de l'Autunite dans les produits intimes est valorisée pour ses vertus de purification et de rééquilibrage énergétique. Les pierres d'Autunite sont souvent utilisées sous forme d'œufs de Yoni, qui sont recommandés pour améliorer la tonicité pelvienne et soutenir la santé reproductive.



shivshakti.fr

<https://shivshakti.fr> › blogs › proprietes-autunite

Autunite: Signification, propriétés, vertus, pouvoirs, utilisations et



Bouddharmonie

<https://www.bouddharmonie.com> › blogs › focus › l-aut...

L'Autunite : Une pierre radioactive à éviter

22 nov. 2024 — Vendre de l'autunite pour ses « vertus » est non seulement irresponsable, mais aussi potentiellement criminel.

Les visiteurs

On peut se poser la question par rapport à la question de la santé publique au niveau des musées ou des marchés où l'on vend des minéraux. Avoir quelques $\mu\text{Sv/h}$ au contact d'une vitrine, est-ce une valeur compatible avec la protection de la santé publique ?

On peut dire oui en fonction du temps de présence du public.

Certains « vendeurs » de minéraux considèrent d'ailleurs qu'il n'y a aucun danger, déclarations que l'on trouve sur les forums de minéralogie.

Dans le cas des musées, en toute rigueur par rapport aux salariés de l'établissement, il faudrait mettre en place une zone réglementée avec des conditions d'accès.

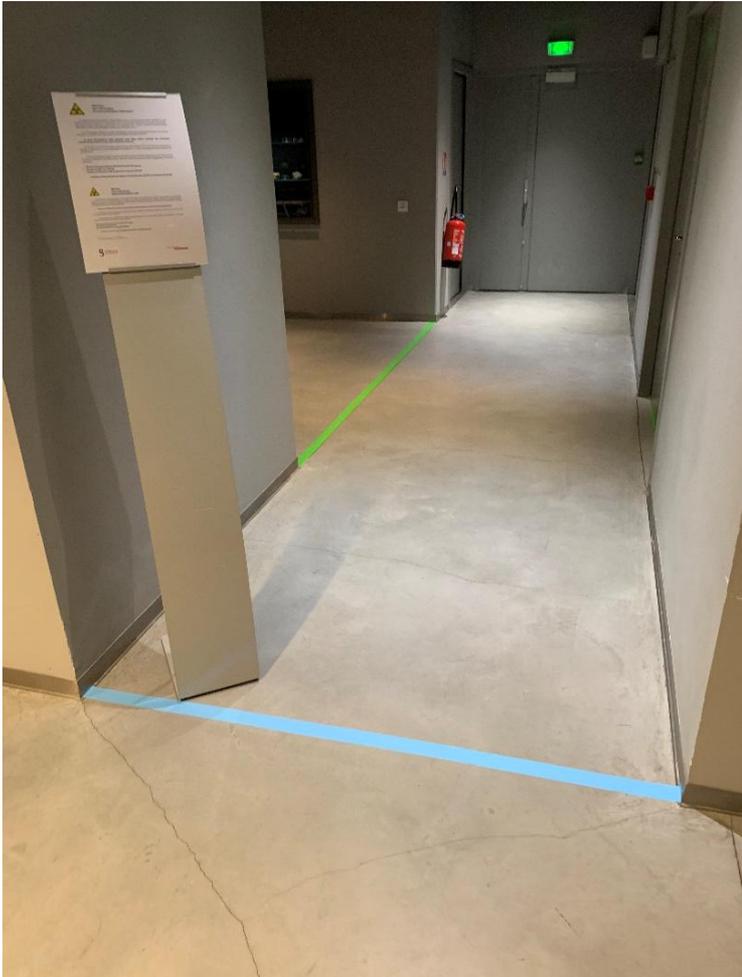
Cependant, on voit mal qu'un musée appose ce genre de signalisation, par rapport à ses visiteurs :



OU



Exposition du public



Attention :
vous entrez dans
une zone d'émission radioactive !

La radioactivité est présente naturellement dans notre environnement quotidien à de faibles doses, sans impact sur notre santé. Elle est naturelle et provient du soleil, des roches, des êtres vivants. Elle peut également être générée par l'activité humaine (technologies médicales, recherche scientifique, production d'énergie, etc.).

La loi française impose un seuil d'exposition maximal par personne et par an à ne pas dépasser. Le respect de ce seuil permet de protéger la santé de chacun.

La zone d'exposition dans laquelle vous allez entrer contient des minéraux radioactifs qui émettent des rayonnements ionisants.

En restant 1 h dans cette zone vous recevrez une dose de 0,03 mSv ce qui correspond, à titre de comparaison, à une radiographie pulmonaire ou trois radiographies panoramiques de la mâchoire¹.

À titre informatif la dose moyenne de radioactivité naturelle reçue par an en France est de 3 mSv par habitant² soit 100 fois plus. Même si cette dose peut paraître négligeable, nous vous invitons à :

- **Ne pas stationner plus de 20 minutes dans cet espace**
- **Ne pas toucher les vitrines**
- **Ne pas y stationner trop longtemps avec des enfants**

L'accès à cette zone est par ailleurs fortement déconseillé aux femmes enceintes.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Nous avons réalisé des mesures à la galerie de minéralogie de l'université Paris Sorbonne (anciennement Paris VI pour les objets muséaux comme moi).

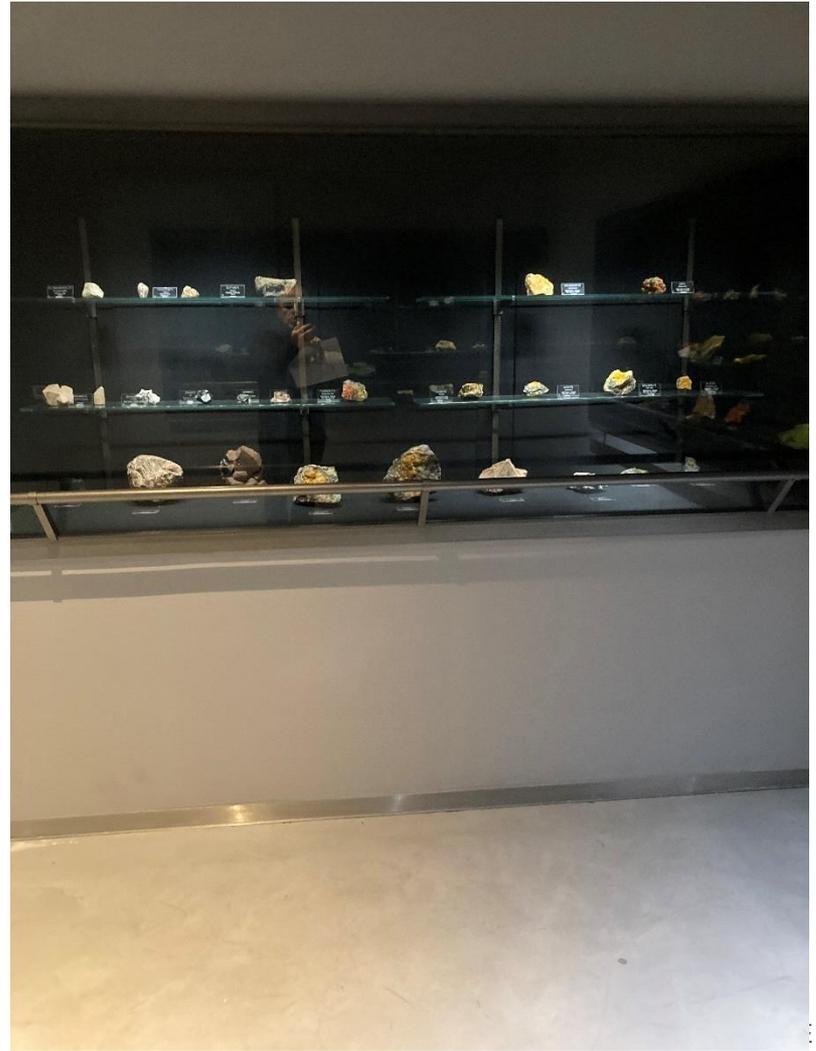
Au contact d'une vitrine nous avons mesuré $20 \mu\text{Sv/h}$.

Exemple : point à $20 \mu\text{Sv/h}$ au bout de 50 heures, on atteint 1 mSv.

Il y a donc une action d'optimisation à mener auprès des salariés et une information à faire auprès du public.

Les minéraux radioactifs

Encore du travail...



Et le radon dans tout ça ?

« Z'avez beau dire, y'a pas qu'd'la pomme,, Y'aurait pas du radon par hasard ?

Si ! Y'en a,,,

A partir du moment où vous stocker de l'uranium (naturel) vous avez obligatoirement la production de radon qui peut être volatil !

Exposition interne dû à l'inhalation du radon et contamination interne dû à ses descendants



Concernant l'arrêté du 15 mai 2024

Ce texte est pris en application de l'article R. 4451-34 du code du travail pour fixer les modalités et conditions spécifiques au radon provenant du sol (radon généré directement par les roches du sol ou secondairement par l'eau circulant dans ces roches **ou les matériaux extraits de ces roches**) de mise en œuvre de la «zone radon» mentionnée à l'article R. 4451-23 du code du travail et des conditions techniques pour rendre intermittente cette zone.

Donc l'arrêté s'applique aux galeries de minéralogie.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

L'employeur doit identifier toute zone où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à 6 millisieverts par an en moyenne annuelle, évalués à partir de la concentration d'activité dans l'air du radon.

L'arrêté a précisé que l'on doit mettre en place le zonage radon à partir de 300 Bq.m⁻³ (sauf cas particulier et lieux spécifiques).

Donc dans les stockages, souvent en sous-sol, on doit placer le trisecteur radon.



Des problèmes encore à traiter et pourtant...

Le sujet n'est pas neuf. Il a été abordé dans le magazine Repères n°27 de l'IRSN en 2015 !!! Soit 10 ans déjà

FAITS & PERSPECTIVES



Minéraux radioactifs, des collections à sécuriser

Risques radiologiques. Les collections de minéraux sont parfois aussi magnifiques... que radioactives! L'IRSN et d'autres acteurs publics aident collectionneurs privés et musées. Ils évaluent les risques potentiels et proposent une réponse adaptée à chaque situation.

Les minéraux radioactifs

Encore du travail...

Si aujourd'hui, le cas des musées est relativement pris en compte, il reste un pan qui n'est pas contrôlé : C'est le marché des minéraux pour les particuliers, aussi bien sur les sites marchands (Etsy, Le bon coin, Ebay, etc...) que dans les marchés aux minéraux. C'est aussi le cas des établissements scolaires.

Prisés des collectionneurs pour leurs magnifiques cristaux jaunes et verts, l'autunite et la torbernite sont des minerais radioactifs. Ce qui nécessite des précautions pour les manipuler, les stocker et s'en débarrasser, prévient l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, l'Andra.

reconnaître les objets radioactifs

à manipuler avec précaution (gants).

Ils ne présentent pas de risque immédiat.

Les minéraux



Pierre appelée autunite.

- ▶ **Les minéraux radioactifs** présentent souvent de remarquables structures cristallographiques et de superbes couleurs, ce qui les rend **très attractifs sur le plan visuel**.
- ▶ **Autunite, pechblende, monazite** sont les minéraux radioactifs que l'on retrouve le plus souvent chez les particuliers.
- ▶ Ils sont détenus par des **collectionneurs** ou des **géologues** (ou des familles qui récupèrent des collections) et dans les **collections minéralogiques de certains lycées**.

Les anciens objets d'horlogerie luminescents

- ▶ Lorsque **les vieux modèles de montres, réveils, boussoles, cadrans d'avion, systèmes de visée nocturne** ont des **aiguilles et cadrans** qui restent **luminescents** après un séjour de **deux jours dans l'obscurité complète**, ils sont **radioactifs**. Cet effet luminescent était obtenu en ajoutant du radium, puis du tritium, à la peinture.



Quelques collections chez des particuliers !



L'ANDRA a animé une conférence fin juin 2024 au salon « Mineral & Gem » de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin), un des plus importants du genre, qui ne réunit pas moins de 1.000 exposants pendant cinq jours. Une **première** pour l'agence, qui souhaitait toucher ce public spécifique en donnant cette conférence avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

« Nous observons une recrudescence des demandes de prises en charge des particuliers, liée à la détention de grosses quantités de minerais », explique Nicolas Benoit de l'ANDRA.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

L'Andra prévoit de renouveler sa participation au salon de Sainte-Marie-aux-Mines avec un stand d'information destiné aux visiteurs. Cette initiative vise à sensibiliser le public aux dangers potentiels des minerais radioactifs, assurant ainsi une meilleure gestion et un traitement sécurisé de ces objets.

D'après Nicolas BENOIT, la radioactivité est plutôt bien gérée sur le salon, avec des signalisations appropriées et une information aux acheteurs.

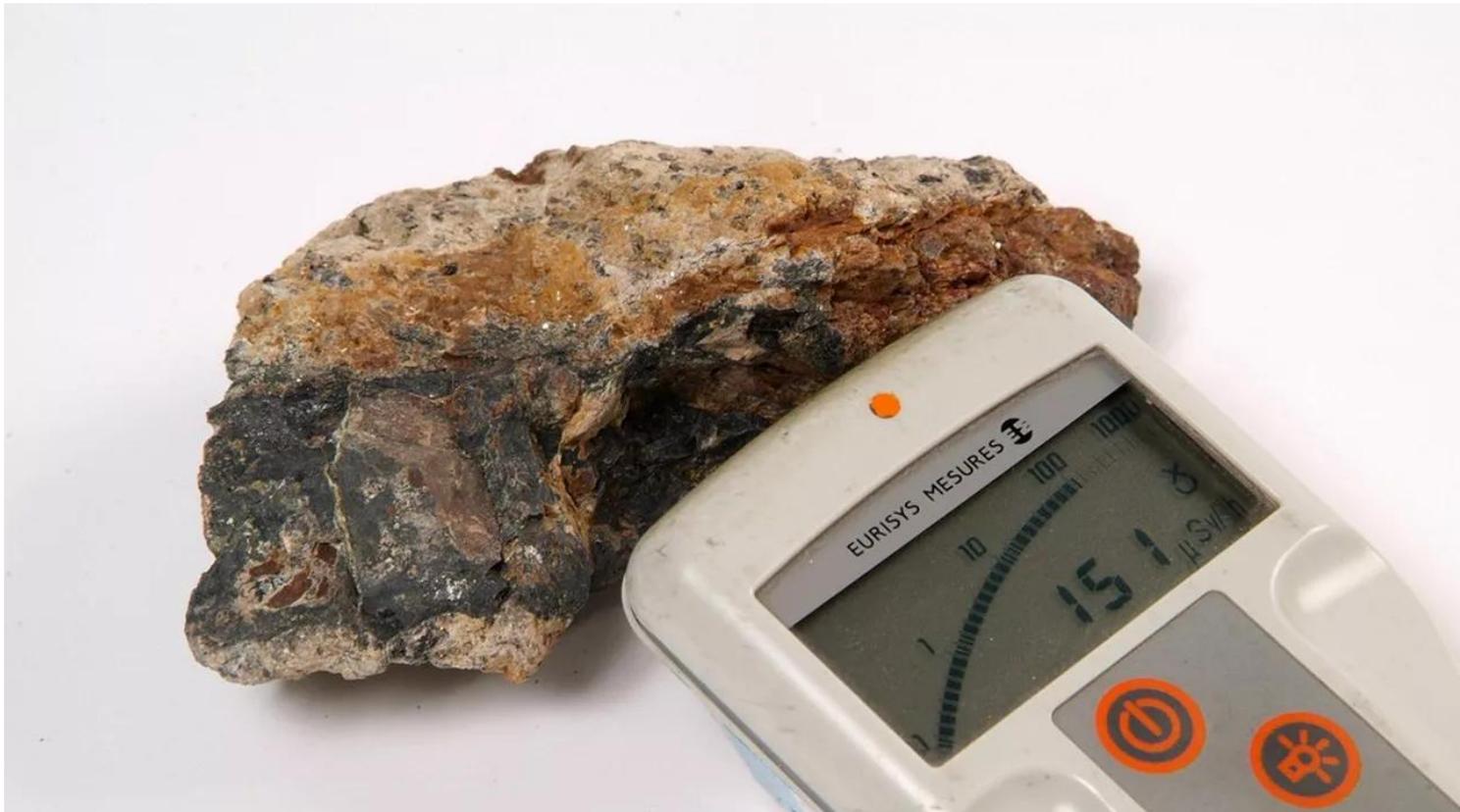
Les minéraux radioactifs

Encore du travail...

Minerai d'autunite présenté derrière une vitrine lors du salon de Sainte marie aux mines :



Mesure faite par l'ANDRA : 151 $\mu\text{Sv/h}$
lors du salon de Sainte Marie aux mines :



Mais sur Internet ???

A titre d'exemple voilà ce que l'on peut trouver sur Internet sans qu'il soit fait toujours mention de la présence de radioactivité.

Sans parler de l'ouraline qui n'est pas un réel problème.

ETSY

📍 Expédié depuis l'UE

+ Ajouter au panier

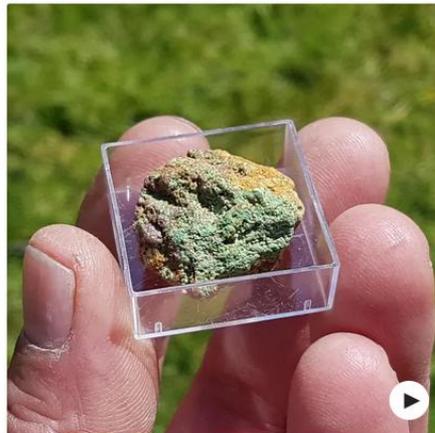
Articles similaires →



Autunite les oudots Morvan 7,30...
OdysseeNaturelleetsy

4.8 ★ (37)

60,00 €



Torbernite Chameane Puy-de-D...
OdysseeNaturelleetsy

4.8 ★ (37)

40,00 €



Autunite 'les oudots' Morvan Fra...
OdysseeNaturelleetsy

4.8 ★ (37)

75,00 €



Autunite Kersegalec Morbihan 2...
OdysseeNaturelleetsy

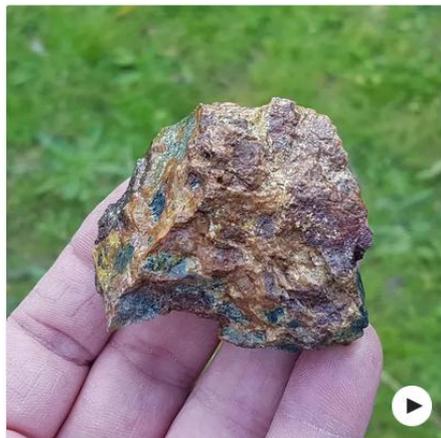
4.8 ★ (37)

140,00 €

ETSY



Torbernite Chameane Puy-de-D...
OdysseeNaturelleetsy
4.8 ★ (37)
35,00 €
📍 Expédié depuis : FR



Pech Blende 2 Le Limouzat bois ...
OdysseeNaturelleetsy
4.8 ★ (37)
75,00 €
📍 Expédié depuis : FR



Autunite Venachat Haute-Vienne...
OdysseeNaturelleetsy
4.8 ★ (37)
70,00 €
📍 Expédié depuis : FR



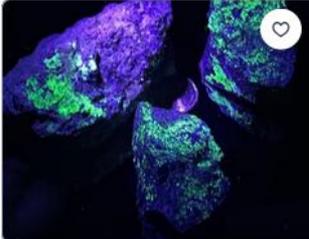
Autunite Le Limouzat bois noirs ...
OdysseeNaturelleetsy
4.8 ★ (37)
85,00 €
📍 Expédié depuis : FR

Il y a des risques non seulement d'exposition externe mais aussi d'exposition interne puisque certains minéraux peuvent produire des poussières.

Sans parler des enfants qui peuvent les manipuler.

Les minéraux radioactifs Encore du travail...

Le bon coin.

	<p>♡</p> <p>Gros minéral d'Autunite 39,50 €</p> <p>Livraison possible</p> <p>Collection Clairvaux-les-Lacs 39130 samedi dernier à 16:28</p>
	<p>♡</p> <p>Autunite Minéraux pierre roche fluorescent aux UV longs 79 €↘</p> <p>Livraison possible</p> <p>Collection Oyonnax 01100 30/11/2024</p>
	<p>♡</p> <p>Minéral autunite ouraline 90 €↘</p> <p>Vendu</p>

En tapant minéraux radioactifs, de l'autunite vous est proposé.

Le site Internet les-mineraux.fr.

Affichage de 1–24 sur 167 résultats



180.00€

Uranophane, Musonoï, République
Démocratique du Congo.



180.00€

Guilleminite & Cuprosklodowskite,
Musonoï, Congo RDC.



450.00€

Uranophane, Musonoï, Congo RDC.



195.00€

Rutherfordine, Schoepite ps.
Cuprosklodowskite & Malachite,
Musonoï, Congo RDC.

Plus cher !

Actions de récupération chez un particulier

Les conséquences d'une mauvaise gestion des objets
par les détenteurs : une pollution généralisée



Demande d'un particulier dont le père collectionnait les minerais radioactifs dans une maison avec jardin et garage, et manipulait ces derniers sans précaution :

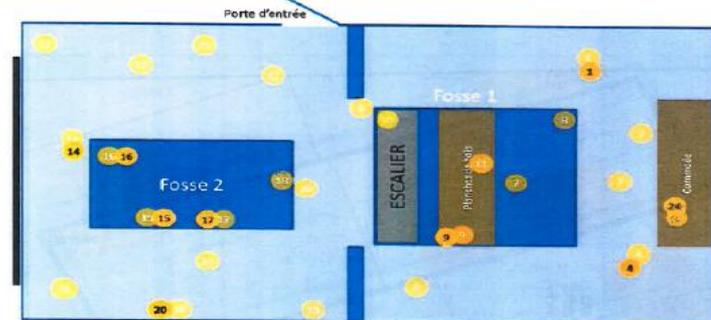
- Dissémination de contamination dans le garage,
- Dissémination de contamination dans le jardin.

2^{ème} étape : cartographie du site



Plusieurs zones marquées radiologiquement sur une faible profondeur et de superficies limitées.

Pas d'impact sur les eaux souterraines



Pollution quasi-généralisé du garage et des fosses

Pas de pollution sous les dalles des fosses

Coût total des investigations: 64 k€

3ème étape : assainissement du site et réhabilitation

- Assainissement du jardin, assainissement du garage,
- Démolition du garage
- Gestion des déchets et remise en état du site



Coût total des travaux : 209 k€

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



A noter que ces coûts sont supportés par la collectivité.

Conclusion

On constate à l'évidence un vide réglementaire pour les particuliers. Ce qui n'est pas sans conséquence, quand l'ANDRA doit intervenir.

Ces situations d'exposition existante, devraient être prises en compte et la réglementation devrait peut-être évoluer sur ce point.